Aus der Werkstatt der experimentellen Psychologie und Pädagogik.

Von

Rudolf Schulze

R. Voigtländer's Verlag in Leipzig 1909

UNIVERSITY OF MAINE
LIBRARIES

RAYMOND H. FOGLER LIBRARY
ORONO

U. H. Holmes
Westerly R. I.

Aus der Werkstatt der experimentellen Psychologie und Pädagogik.

Mit besonderer Berücksichtigung der Methoden und Apparate. Nebst zwei Anhängen: I. Ein neues Chronoskop. II. Instrumentarium für Seminare.

Zum Selbststudium und zur Belebung des psychologischen Unterrichts an Seminaren und andern höheren Unterrichtsanstalten herausgegeben von:

Rudolf Schulze,
Lehrer an der 6. Bezirksschule zu Leipzig.

Zweiter, unveränderter Abdruck.

Mit 314 Abbildungen.

R. Voigtländers Verlag in Leipzig 1909.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung, vorbehalten.

Copyright 1909 by R. Voigtländers Verlag, Leipzig.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

Vorwort.

Das vorliegende Buch ist aus der Absicht entstanden, weiteren Kreisen die experimentelle Methode der Psychologie und Pädagogik zugänglich zu machen. Aus diesem Grunde habe ich eine allgemein verständliche Darstellung versucht. Dem Zwecke des Buches entsprechend konnten nur einige Methoden und Apparate beschrieben werden. Vollständigkeit ist nach keiner Richtung hin angestrebt worden. Ich wählte aus, was mir für Lehrer, Seminare und alle an der Erziehung und ihren Fortschritten interessierte Gebildete wissenswert erschien.

Bei der Anordnung der Stoffes kamen drei Gesichtspunkte in Betracht.

Die Anordnung nach den Apparaten hätte den rein technischen Standpunkt zu sehr in den Vordergrund gerückt. Die Ordnung nach den Methoden konnte den Anschein erwecken, daß eine vollständige Methodenlehre beabsichtigt sei.

So kam ich schließlich dazu, nach einigen Hauptabschnitten der Psychologie und Pädagogik zu ordnen, wobei natürlich manches wichtige Kapitel ausgeschaltet werden mußte. Dabei ist die Einteilung und Terminologie durchaus am Wundtschen System orientiert. Ich halte es für höchst bedauerlich, wenn viele Psychologen der Wundtschen Schule selbst in wichtigen Fragen von Wundts Begriffsbestimmungen ohne Not abweichen.

An die Betrachtung der Apparate und Methoden habe ich hier und da auch einige Ergebnisse der bisherigen Forschung angeschlossen. Diese Beispiele sind aber eben nur als Paradigmata gedacht. Ich mache keinen Anspruch darauf, in jedem einzelnen Falle die wichtigsten Ergebnisse angeführt zu haben. Aus diesem Grunde habe ich auch, soweit ich konnte, meine eigenen Versuche zur Erläuterung benutzt, weil sie mir am nächsten lagen und zum Zwecke der Demonstration genügten.

Im übrigen habe ich bezüglich der Ergebnisse vor allem aus den beiden zur Verfügung stehenden Hauptquellen geschöpft, aus Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, und aus Meumann, Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik und ihre psychologischen Grundlagen. Ich nehme an, daß jeder, der selbst experimentelle Untersuchungen anstellen will, zu diesen Quellen greift. Dort findet er eingehende Literaturangaben. Ich habe darum auch unterlassen, mein Buch durch umfangreiche Literaturangaben ungebührlich zu belasten.

Besonderen Wert legte ich auf die Beschaffung eines reichen Anschauungsmaterials. Viele Autoren, Verlagsfirmen und Institute für wissenschaftliche Apparate sind mir dabei in dankenswerter Weise entgegengekommen. Ich habe in jedem einzelnen Falle die Quelle bezeichnet. Bilder ohne Quellenangabe sind nach Aufnahmen meiner eigenen Apparate angefertigt worden.

Zu danken habe ich den vielen Damen und Herren, die an meinen Versuchen teilgenommen und mich bei den photographischen Aufnahmen unterstützt haben, ferner den Herren Schuldirektoren und Kollegen, die mir Aufnahmen von Schulkindern gestatteten. Ganz besonderen Dank aber schulde ich den Herren Döring und Schlager, die das fertige Manuskript einer Durchsicht unterzogen haben. Herr Schlager hat die gesamte Drucklegung geleitet und das Verzeichnis am Ende des Buches selbständig entworfen.

Leipzig, im Januar 1909.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung . . . . . 1—12

1. Die Grundregeln experimenteller Untersuchung 1
2. Die Richtungen der experimentellen Psychologie und Pädagogik . . . 4
3. Anthropometrische Messungen 6

A. Die mathematische Behandlung der Kinderpsychologie und Pädagogik . . . . . 13—35

I. Maßbestimmungen in der Physik . . . . . 13—18

1. Das Fehlergesetz 13
2. Das arithmetische Mittel 14
3. Die Streuung der Fehler 15
4. Wahrscheinlicher Fehler des arithmetischen Mittels 17

II. Maßbestimmungen in der Biologie . . . . . 18—27

1. Die Gesetzmäßigkeit biologischer Größen 18
2. Das zweiteilige Gaußsche Gesetz 21
3. Erfordernisse eines Kollektivgegenstandes 25
4. Experimentelle Beeinflussung biologischer Größen 26

III. Maßbestimmungen in der Psychologie . . . . . 27—29

IV. Maßbestimmungen in der Kinderpsychologie und Pädagogik . . . . . 30—35

1. Verschiebung der Asymmetrie durch natürliches Wachstum 30
2. Ausbreitung der Verteilung durch natürliches Wachstum 33
3. Verschiebung der Asymmetrie und Ausbreitung der Verteilung durch pädagogische Beeinflussung 33

B. Empfindungsmessung . . . . . 36—65

I. Die psychischen Maßmethoden . . . . . 36—52

1. Die Möglichkeit exakter Messungen in der Kinderpsychologie und Pädagogik 36

Seite

2. Anwendungsgebiete der psychischen Maßmethoden 37
a) Bestimmung von Reizschwellen 37
b) Bestimmung von Unterschiedsschwellen 39
c) Bestimmung äquivalent erscheinender Reize 40
d) Bestimmung äquivalent erscheinender Unterschiede 41
3. Die drei psychischen Maßmethoden 42
a) Die Herstellungsmethode 42
b) Die Grenzmethode 42
c) Die Konstanzmethode 45
4. Bedeutung der gewonnenen Zahlen 46
a) Die Empfindlichkeit 46
b) Die mittlere Variation 50
5. Vorsichtsmaßregeln bei der Untersuchung von Reiz- und Unterschiedsschwellen 51

II. Analyse eines Empfindungsgebietes . . . . . 52—60

1. Äußere Tastempfindungen 52
a) Berührung und Druck 53
b) Schmerz 55
c) Kälte und Wärme 56
2. Innere Tastempfindungen 58
a) Lageempfindung 58
b) Kraftempfindung 60
c) Bewegungsempfindung 60

III. Das Webersche Gesetz . . . . . 60—65

C. Vorstellungen . . . . . 66—82

I. Räumliche Vorstellungen . . . . . 66—73

1. Räumliche Tastvorstellungen 66
2. Räumliche Gesichtsvorstellungen 70

II. Zeitliche Vorstellungen . . . . . 73—75

1. Die Unterschiedsschwelle des Zeitsinns 73
2. Individuelle Unterschiede 74

III. Statistik der Vorstellungen . . . . . 76—82

1. Analyse des kindlichen Vorstellungskreises mit Hilfe des sprachlichen Ausdrucks 76
2. Analyse des kindlichen Vorstellungskreises mit Hilfe von Zeichnen und Formen 76

D. Gefühle . . . . . 83—124

I. Die Ausdrucksmethode . . . . . 83—95

1. Wesen der Ausdrucksmethode 86
2. Nutzen der Ausdrucksmethode 88

Seite

II. Untersuchung von Ausdruckssymptomen . . . . . 95—114

1. Pulsuntersuchung 95
   a) Der Druckpuls 96
   b) Der Volumpuls 99
2. Atemuntersuchung 101
3. Puls- und Atemkurven 104

III. Untersuchung von Ausdrucksbewegungen . . . . . 114—124

1. Sprachlicher Ausdruck 114
2. Zeichnerischer Ausdruck 116
3. Mimische Ausdrucksbewegungen 120
4. Pantomimische Ausdrucksbewegungen 123

E. Willensvorgänge . . . . . 125—146

I. Zeitfehler bei astronomischen Beobachtungen . . . . . 125—133

1. Methoden der astronomischen Zeitmessung 125
2. Ein Sterndurchgang 126

II. Reaktionsversuche nach graphischer Methode . . . . . 134—136

1. Reaktion mit optischer Reizung 134
2. Reaktion mit akustischer Reizung 134

III. Reaktionsversuche nach registrierender Methode . . . . . 136—138

IV. Die Einschaltungsmethode . . . . . 139—140

V. Muskuläre, sensorielle und natürliche Reaktion . . . . . 140—141

VI. Pädagogische Beeinflussung des Willensvorgangs . . . . . 141—146

F. Bewußtsein und Aufmerksamkeit . . . . . 147—161

I. Mimik der Aufmerksamkeit . . . . . 147—156

1. Photographische Methode 147
2. Graphische Methode 154
   a) Untersuchung zweidimensionaler Bewegungen 154
   b) Untersuchung dreidimensionaler Bewegungen 155

II. Umfang der Aufmerksamkeit . . . . . 156—159

1. Aufmerksamkeitsumfang bei räumlichen Vorstellungen 156
2. Aufmerksamkeitsumfang bei zeitlichen Vorstellungen 158

III. Umfang des Bewußtseins . . . . . 160—161

1. Bewußtseinsumfang bei räumlichen Vorstellungen 160
2. Bewußtseinsumfang bei zeitlichen Vorstellungen 161

Seite

G. Assimilationen . . . . . 162—175

I. Assimilation durch einzelne Vorstellungen und Vorstellungsgruppen . 162—172

1. Wesen und Bedeutung der Assimilation 162
2. Tachistoskopische Leseversuche 164
3. Quantitative Bestimmung der Assimilationskraft 166
4. Assimilationswirkungen in verschiedenen Unterrichtsfächern 170

II. Assimilation durch die formalen Verhältnisse der Vorstellungen . . 172—175

1. Individuelle Unterschiede beim Einordnen in das Raumbild 172
2. Anomalien der Auffassung 175

H. Gedächtnis . . . . . 176—197

I. Grundsätzliches zur Methodik der Gedächtnisversuche . . . . . 176—181

1. Einteilung der Methoden der Gedächtnisuntersuchung 176
2. Material der Gedächtnisprüfungen 177
3. Variierbare Bedingungen bei Gedächtnisprüfungen 178
   a) Das Lernen 178
   b) Die Zwischenzeit zwischen Lernen und Reproduktion 180
   c) Die Reproduktion 181

II. Gedächtnisapparate . . . . . 181—185

1. Apparate zu psychologischen Untersuchungen 181
2. Gedächtnisapparat zu pädagogischen Untersuchungen 184

III. Wiedererkennungsmethoden . . . . . 185—190

1. Einfache Verknüpfung 185
   a) Prüfung durch kontinuierlich veränderliche Reize 185
   b) Prüfung durch nicht kontinuierlich zu verändernde Reize 186
2. Reihenverknüpfung 188
   a) Wiedererkennungsmethode 188
   b) Methode der identischen Reihen 189

IV. Reproduktionsmethoden . . . . . 190—197

1. Treffermethode 191
2. Methode der Gedächtnisspanne 192
3. Methode der behaltenen Glieder 192
4. Hilfenmethode 194
5. Erlernungsmethode 194
6. Ersparnismethode 196
7. Rekonstruktionsmethode 196

J. Apperzeptionsverbindungen . . . . . 198—214

I. Grundsätzliches über die experimentelle Untersuchung der Apperzeptionsverbindungen . . . . . 198—199

II. Tachistoskopische Versuche 199

Seite

III. Statistik des Vorstellungsverlaufs . . . . . 200—204

1. Freie Reproduktion 200
a) Normaler und anormaler Vorstellungsverlauf 200
b) Versuchsmethode 202
2. Gebundene Reproduktion 204

IV. Statistik der Reproduktionszeiten . . . . . 204—205

V. Methodik der Zeitmessung bei Reproduktionsversuchen . . . . . 206—214

1. Graphische Methode 206
2. Registrierende Methoden 214

K. Die Sprache . . . . . 215—224

I. Analyse der Sprachlaute . . . . . 215—216

II. Analyse der Sprechmelodie . . . . . 216—218

III. Statistik der Wortformen und Wortverbindungen . . . . . 218—220

IV. Die Sprache als Ausdrucksmittel . . . . . 221—224

L. Körperliche Arbeit . . . . . 225—247

I. Der Ergograph . . . . . 226—232

1. Gewichtsergographen 226
2. Federergographen 230

II. Das Maß der Arbeitsleistung . . . . . 232—236

1. Ergographische Kurven 232
2. Die Maximalleistung 233

III. Rhythmus und Arbeit . . . . . 236—246

IV. Symmetrie der Bewegung . . . . . 246—247

M. Geistige Arbeit . . . . . 248—257

I. Untersuchungsmethoden . . . . . 248—251

1. Indirekte Methoden 248
2. Direkte Methoden 249

II. Deutung der Arbeitskurve . . . . . 251—257

1. Geistige Leistungsfähigkeit 251
2. Ideelle Übungs- und Ermüdungskurve 252
3. Wirkliche Übungs- und Ermüdungskurve 254
4. Weitere Komponenten der Arbeitskurve 256

Seite

N. Psychische Korrelationen . . . . . 258—273

I. Korrelationsrechnung . . . . . 259—267

1. Die Korrelationsformel 259
2. Ergänzung der Korrelationsformel 265
3. Korrektur der ergänzten Korrelationsformel 266

II. Korrelationsrechnung in der Psychologie . . . . . 267—271

1. Ergebnisse von Krueger und Spearman 267
2. Ergebnisse von Öhrn 269

III. Korrelationsrechnung in der Pädagogik . . . . . 271—273

Anhang I . . . . . 274—279

Ein neues Chronoskop 274

Anhang II . . . . . 280—282

Instrumentarium für Seminare und andere höhere Schulen 280

1. Kleines Instrumentarium 281
2. Großes Instrumentarium 282

Register . . . . . 283—292

Einleitung.

1. Die Grundregeln experimenteller Untersuchung.

Der berühmte Satz des Descartes: Dubito de omnibus, ich zweifle an allem, bewährt sich nicht nur beim Aufbau eines philosophischen Systems, sondern auch dann, wenn eine Einzelwissenschaft neu begründet werden soll. Hier wie dort wird derjenige am besten fahren, der keinen einzigen allgemeinen Satz unbesehen und unbewiesen hinnimmt. Infolgedessen sieht er oft gerade dort, wo „der gesunde Menschenverstand" alles für selbstverständlich findet, die allerwichtigsten Fragen, die schwierigsten Probleme.

Die Psychologie hat nun seit mehr als einem Menschenalter, die Pädagogik seit etwa zehn Jahren den Versuch gemacht, den gesamten Umkreis ihrer Erkenntnisse von Grund aus neu aufzubauen. Beide Wissenschaften werden zu diesem Zwecke mit Nutzen von dem Satze des Cartesius Gebrauch machen können.

Wir wollen untersuchen, zu welcher Methode die Anwendung dieses Prinzips in der Psychologie und Pädagogik hindrängt.

Angenommen, wir legen jemandem die höchst triviale Frage vor, ob der Geschmack des Zuckers angenehm oder unangenehm ist. Als rein psychologisch kennzeichnet sich diese Frage dadurch, daß wir keine Nachricht über die Eigenschaften eines objektiven Gegenstandes oder eines objektiven Geschehens verlangen, sondern lediglich eine Aussage über ein Geschehen, das wir in unserm Bewußtsein vorfinden und bei dem die Möglichkeit, ob diesem subjektiven Vorgange irgendein objektives Geschehen (etwa ein bestimmter Vorgang in unserm Nervensystem) zugeordnet ist, gar nicht zu erwägen oder mindestens nicht zu beachten ist.

Die Antwort: „Zucker schmeckt angenehm", wird in den allermeisten Fällen mit solcher Selbstverständlichkeit abgegeben, daß es schwer halten wird, jemand ernstlich davon zu überzeugen, daß hier ein Zweifel etwas anderes als eine lächerliche Marotte ist. Was aber dann, wenn wirklich ein ernsthafter Zweifel Platz greift? Der Zweifelnde wird neuerdings den Geschmack des Zuckers versuchen und wird nun auf Grund der neuen Erfahrung mit verstärkter Gewißheit seine Behauptung aufstellen. Woher kommt die größere Sicherheit der Aussage? Zum Teil daher, daß das Erlebnis unmittelbar vorausgegangen ist, hauptsächlich aber von der besonderen Aufmerksamkeit, die diesmal auf das Erlebnis verwendet wurde. Zwei Bedingungen waren dabei zu erfüllen. Erstens konnte die betreffende Person das Eintreten des zu beobachtenden Zustandes

vorausſehen und ſich infolgedeſſen auf das zu erwartende Erlebnis mit der Aufmerkſamkeit „einſtellen". Was dabei herauskommen würde, wenn wir ſie mit dem zu unterſuchenden Reiz gewiſſermaßen hinterrücks „überfallen" wollten, das ſieht man aus dem bekannten Verſuch, wenn man jemandem unter ein Gericht Kartoffeln eine täuſchend nachgeahmte Marzipanfrucht miſcht. Der ſüße Geſchmack kann in dieſem Falle geradezu abſcheulich wirken.

Man wird ſich darum nicht wundern, wenn bei einer wiſſenſchaftlichen Unterſuchung für jeden Verſuch ein Aufmerkſamkeitsſignal: „Achtung" oder „Jetzt" und eine genau abzumeſſende Vorbereitungszeit — von 1 bis 2 Sekunden — gefordert wird, um die genaue Einſtellung der Aufmerkſamkeit zu ermöglichen.

Zweitens darf auch die aufmerkſame Betrachtung durch nichts geſtört ſein. Es wird wohl niemandem einfallen, eine ſolche Zuckerprüfung von einem Individuum zu verlangen, das an den heftigſten Zahnſchmerzen leidet. Und ebenſowenig wird jemand auf den Einfall kommen, den Verlauf der Beobachtung dadurch zu unterſtützen, daß er im Augenblick der Unterſuchung vor den Ohren der Verſuchsperſon einen Piſtolenſchuß abfeuert. Man wird im Gegenteil alles vermeiden, was die Aufmerkſamkeit abzulenken imſtande iſt.

Da hätten wir alſo gleich zwei wichtige methodiſche Regeln auf einmal:

1. Der Beobachter muß auf den Eintritt des Erlebniſſes vorbereitet ſein.
2. Der Beobachter muß den Bewußtſeinsvorgang mit geſpannter Aufmerkſamkeit verfolgen.

Unter Berufung auf den Satz des Carteſius geben wir uns aber mit dem einmaligen Verſuch nicht zufrieden. Und die einzige Möglichkeit, ſich vor dem dauernd aufrecht erhaltenen Zweifel zu retten, beſteht in der mehrfachen Wiederholung des Verſuchs. Wo die Herbeiführung einer ſolchen Wiederholung der Natur der Sache nach ausgeſchloſſen erſcheint, wie etwa bei einem beſtimmten Traumerlebnis, da werden wir nie zu einem wiſſenſchaftlich brauchbaren Reſultat gelangen. Daher auch die Abneigung der Wiſſenſchaft gegen die Unterſuchung der „abnormen" Bewußtſeinszuſtände.

Wir fordern alſo drittens:

3. Jede Beobachtung muß zum Zwecke der Sicherung der Ergebniſſe unter den gleichen Umſtänden mehrmals wiederholt werden können.

Erſt bei der Befolgung dieſes Grundſatzes bildet ſich das Verfahren aus, das bei den empiriſchen Wiſſenſchaften als „wiſſenſchaftliche" Unterſuchung anerkannt wird. Und in den allermeiſten Fällen führt es nun zu einer wirklichen Erweiterung unſrer Erkenntniſſe. Auch bei unſrer einfachen Frage. Wir machen zunächſt die Entdeckung, daß unſre Frage falſch formuliert iſt. Es erweiſt ſich, daß beim Schmecken von Zucker eine ganze Anzahl von Empfindungen zuſammenwirken: Geſchmacksempfindungen, Berührungsempfindungen und Temperaturempfindungen, und daß wir zu ganz verſchiedenen Gefühlsurteilen kommen, je nachdem wir dieſe Empfindungen miſchen. Eine warme Zuckerlöſung ſchmeckt anders als eine kühle u. ſ. f. Und wir kommen überhaupt zu keinem Ergebnis, wenn wir nicht nach eingehender Zerlegung des Erlebniſſes in ſeine Elemente —

nach eingehender Analyse — die einzelnen Elemente gesondert untersuchen, also zuerst nur die Frage aufwerfen: Wirkt ein süßer Geschmack angenehm oder unangenehm? Berührungsempfindungen, Temperatureinflüsse müssen wir dabei möglichst auszuschalten versuchen. Einer zweiten Versuchsreihe bleibt es vorbehalten, das Zusammenwirken der einzelnen Elemente auf unser Gefühlsurteil festzustellen (Synthese).

Die vierte Forderung wird also lauten:

4. Die Untersuchung hat von den Elementen auszugehen und dann erst zu der Untersuchung der zusammengesetzten Bewußtseinserlebnisse vorzuschreiten.

Ich gebe nun eine Anzahl von Aussagen wieder, die ich bei einigen Versuchen erhielt, als ich den Einfluß des süßen — und des sauern — Geschmacks auf das Gefühl untersuchte*). Versuchsperson A. Zuckerlösung: „Ein eigentliches Lustgefühl ist nicht eingetreten. Vielleicht war ich enttäuscht über die geringe Wirkung" **). Ein andermal kam bei derselben Zuckerlösung das Urteil: „Angenehm." Wegen der Unsicherheit der Aussage nahm ich nun einen stärker süß schmeckenden Stoff, Saccharin, zuerst in schwacher Lösung. Die Aussage lautete: „Der Reiz ist zu schwach, nicht positiv lustbetont, eher unangenehm, süßlich ölig."

Nun gab ich eine starke Lösung. Antwort: „Bittersüß unangenehm."

Bei einer mittelstarken Lösung erfolgte das Urteil: „Zuerst unangenehm, dann geht's allmählich in ein armseliges Angenehm über."

Schließlich kommt man, wie man sieht, darauf zu, eine abgestufte Reihe von Süßempfindungen einwirken zu lassen von ganz schwacher bis zu gesättigter Lösung. Es ergibt sich dann, entsprechend der Reihe der Reize, eine abgestufte Reihe von Aussagen. Und aus der Gegenüberstellung dieser beiden Reihen wird sich schließlich eine gewisse Regelmäßigkeit der Beziehung zwischen Reiz und Empfindung und Empfindung und Gefühl, eine psychologische Gesetzmäßigkeit, ableiten lassen, die für die Versuchsperson A ***) etwa lauten würde: Schwache Süßlösungen schmecken gleichgültig oder unangenehm, sehr starke Lösungen unangenehm. Lösungen einer bestimmten mittleren Konzentration schmecken angenehm. (Die Stärke der Lösung ist prozentual anzugeben.)

Auf Grund dieser Betrachtungen kommen wir zu unsrer fünften und letzten Forderung:

5. Die durch Versuche zu ermittelnden Bedingungen, unter denen ein Bewußtseinsvorgang auftritt, müssen in den verschiedenen zusammengehörigen Versuchen planmäßig verändert werden, so daß sich aus dem

*) Nebenbei unterzog ich die Puls- und Atemveränderungen, die sich dabei einstellten, einer Prüfung (vgl. S. 94).

**) Dagegen sagte dieselbe Versuchsperson beim darauffolgenden Versuch, bei der Einwirkung von Essigwasser: „Der Geschmack wirkt erfrischend, nicht lästig. Vielleicht war der Geschmack angenehmer als beim vorigen Versuch." Dabei war die Temperatur beider Lösungen völlig gleich.

***) Versuchsperson war Herr Seminarlehrer Scheibner, Leipzig.

Vergleich einer nach bestimmten Gesichtspunkten abgestuften Reihe von Reizen mit den zugehörigen Erlebnissen bestimmte Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen.

Überblicken wir unsre fünf Forderungen, so finden wir dadurch ein ganz besonderes Verfahren gekennzeichnet, das man mit dem Namen des Experiments bezeichnet*) und das in allen Naturwissenschaften längst als die beste Methode der Untersuchung bekannt ist. Beschreibende und erklärende Naturwissenschaften verdanken ihre wichtigsten Erkenntnisse der Anwendung des Experiments.

Da sich nun aus einer ganz einfachen psychologischen Aufgabe — unter Zuhilfenahme des Cartesianischen Satzes — die experimentelle Methode nach allen ihren wesentlichen Kennzeichen ohne Zwang als die notwendig geforderte Methode ableiten ließ, so scheint daraus hervorzugehen, daß diese Methode auch für die psychologischen Untersuchungen als die natürliche Methode anzuerkennen ist.

Nicht bei jedem psychologischen Experiment wird es möglich sein, die fünf aufgestellten Forderungen alle zu erfüllen, es gibt demgemäß vollkommene und unvollkommene Experimente. Kann man in einem bestimmten Falle etwa nur drei Forderungen nachkommen, so wird man sich bemühen, diese um so gewissenhafter zu befolgen.

2. Die Richtungen der experimentellen Psychologie und Pädagogik.

Bei den erwähnten Geschmacksversuchen traten auffällige individuelle Unterschiede zutage. So gab Versuchsperson B über eine Zuckerlösung das Urteil ab: „Das Süß dieser Art ist mir eigentlich unangenehm." Dagegen C (über dieselbe Lösung): „Ausgesprochen angenehm." — Es eröffnet sich hier ein Blick in die Psychologie der individuellen Differenzen, in die „differentielle" Psychologie.

Da sich ferner herausstellte, daß von den (männlichen) Versuchspersonen ein großer Teil den süßen Geschmack wenig oder gar nicht angenehm empfand, wir aber doch Ursache haben, anzunehmen, daß alle kleinen Kinder (Säuglinge) das Süß als lustbetont empfinden, so erhebt sich weiter die Frage der psychischen Entwicklungen auf diesem Gebiete, und zwar der Ontogenese, der Entwicklung des Einzelwesens. Der wichtigste Teil der ontogenetischen Psychologie ist die Kinderpsychologie. — Als Zweige der experimentellen Psychologie treten also schon bei der einfachsten Untersuchung hervor:

1. Die allgemeine Psychologie.
2. Die differentielle Psychologie.
3. Die ontogenetische Psychologie, insbesondere die Kinderpsychologie.

*) Wundt hat erst vor kurzem (Psychologische Studien, III. Band, 1907: „Über Ausfrageexperimente und über die Methoden zur Psychologie des Denkens") die oben angeführten Punkte als die wesentlichen Eigenschaften des Experiments bezeichnet. Nur unsere vierte Forderung führt Wundt nicht an, wohl deshalb, weil sie für alle wissenschaftliche Forschung Geltung hat, nicht bloß für das Experiment.

Schließlich ist es auch möglich, die Phylogenese, die Entwicklung von Gemeinschaften — des Stammes, des Volkes, der Rasse, der Menschheit — zu betrachten. Der wichtigste Teil der phylogenetischen Psychologie ist die Völkerpsychologie. Doch ist selbstverständlich die phylogenetische Psychologie der experimentellen Untersuchung nur ganz ausnahmsweise zugänglich. Außerdem ist hier die experimentelle Methode nicht so unbedingtes Erfordernis. Denn der phylogenetischen Psychologie liegen als Objekte der Betrachtung nicht wie bei den andern genannten Richtungen der Psychologie Bewußtseinsvorgänge vor, sondern bestimmte Geistesprodukte, Sprache, Sitte, Religion, also, gegen die „fließenden" Bewußtseinsvorgänge, relativ konstante Objekte*). Wie nun auch die Naturwissenschaft bei der Betrachtung von beharrenden Gegenständen, etwa bei der Untersuchung und Beschreibung eines Minerals, die rein beobachtende Methode für genügend erachtet — während sie bei Untersuchung von Vorgängen, z. B. von chemischen Veränderungen, die experimentelle Methode als notwendig ansieht —, so ist auch in der Völkerpsychologie die bloß beobachtende Methode als zulässig anzusehen, sie ist, wie schon gesagt, in diesem Falle ja auch die einzig mögliche. Übrigens gewinnt die Völkerpsychologie für die Pädagogik nur dann spezielles Interesse, wenn durch den Vergleich gewisser Geisteserzeugnisse des Kindes mit denen der Völker sich bestimmte Ergebnisse über die Gesetze der Ontogenese ableiten lassen. (Vergleich von Kinderzeichnungen und Zeichnungen primitiver Völker.) —

Die Pädagogik selbst hat es, ganz allgemein gesagt, mit der Erforschung der Methoden zu tun, die bei einer planmäßigen Beeinflussung der Entwicklung eines Menschen angewendet werden müssen. Nach dieser Auffassung ist die Pädagogik zunächst abzugrenzen gegen die normative Richtung, die bestimmte Normen aufstellt und dann die Wege sucht, auf denen diese Ziele zu erreichen sind. (Die Normen müssen aus den normativen Wissenschaften, z. B. aus der Ethik, entnommen werden.) Dagegen hat nach unsrer Meinung die Pädagogik alle Entwicklungsmöglichkeiten zu erwägen und dann zu untersuchen, mit welchen Mitteln sie gefördert werden können. Die Pädagogik hat dabei die von den normativen Wissenschaften aufgestellten Ziele zunächst auf ihre Erreichbarkeit hin zu prüfen, ferner daraufhin, ob zur Erreichung des betreffenden Zieles pädagogische Maßnahmen überhaupt von Einfluß sind, auf welcher Stufe der Entwicklung sie einzusetzen haben und welche Stufen für die Entwicklung besonders günstig sind.

Fordern z. B. die normativen Wissenschaften die Entwicklung zur Sittlichkeit und Religiosität, so hat die Pädagogik zunächst folgende Vorfragen zu erledigen:

1. Welches sind die psychologischen Grundlagen der Sittlichkeit und Religion? Auf diese Frage wird die allgemeine Psychologie, resp. die Völkerpsychologie, eine Antwort geben.

*) Vgl. Wundt, Grundriß der Psychologie.

2. Welche individuellen Unterschiede sind vorhanden? (Moral insanity, moralischer Schwachsinn usw.) Diese Frage wird von der differentiellen Psychologie beantwortet.

3. Wie entwickelt sich die Sittlichkeit und Religion im einzelnen Kinde, insbesondere, auf welcher Stufe der Entwicklung ist ein Verständnis für moralische und religiöse Fragen überhaupt erst vorhanden, und auf welcher Stufe ist das Interesse an solchen Fragen am größten? Die Antwort auf diese Fragen gibt die Kinderpsychologie.

Erst nach Erledigung dieser Vorfragen hat die eigentlich pädagogische Untersuchung einzusetzen. Da es sich dabei stets um Entwicklungen handelt, die durch bestimmte Maßnahmen beeinflußt werden sollen, so ist, wenn irgend möglich, die experimentelle Methode anzuwenden; der Hauptgrund, weshalb das bis jetzt nur selten geschehen ist, ist der, daß diese Methode noch zu wenig ausgebildet war. Und zwar hat die experimentelle Pädagogik zunächst durch Versuche festzustellen, ob die zu untersuchenden Fähigkeiten überhaupt und in welchem Maße sie pädagogischen Einwirkungen zugänglich sind. Darauf hat sie die einzelnen vorhandenen Methoden der Erziehung auf ihre Brauchbarkeit mit Rücksicht auf die Erreichung eines bestimmten Zieles und mit Rücksicht auf das gesamte Erziehungsziel zu prüfen.

3. Anthropometrische Messungen.

Die Pädagogik hat es im allgemeinen mit der Entwicklung des gesamten Menschen und im besondern mit der Entwicklung seiner geistigen Fähigkeiten zu tun. Demnach hat sie an der körperlichen Entwicklung ein direktes Interesse, insofern die Ausbildung des kindlichen Körpers mit unter ihre Aufgaben fällt, und ein indirektes insofern, als sich bestimmte Beziehungen herausstellen werden zwischen der körperlichen und geistigen Entwicklung, entweder indem sich ein Parallelismus nachweisen läßt, oder indem zu Zeiten einer gesteigerten körperlichen Entwicklung das geistige Wachstum langsamer vor sich geht und umgekehrt. Ferner kann gefragt werden, ob etwa durch forcierten Unterricht — durch vorzeitige Aufnahme der Kinder in die Schule, durch Überbürdung mit geistiger Arbeit — die körperliche Entwicklung gehemmt wird.

Aus allen diesen Gründen ist die Anthropometrie, die Wissenschaft von der Messung des menschlichen Körpers, von Wichtigkeit für die Pädagogik.

Von den anthropometrischen Maßen kommen am meisten in Betracht:

1. Die Körpergröße. Die Methode der Messung ist vom Turnunterricht her bekannt. Füße unbekleidet! Zusammengeschlagene Fersen an der Wand! Knie gestreckt!

2. Das Körpergewicht. Die Messungen erfolgen am besten beim gemeinsamen Baden. (Badeanzug von bestimmtem Gewicht.)

3. Die Lungenkapazität. Exakt bestimmt wird die Menge der ausgeatmeten Luft durch ein Spirometer (Fig. 1), bei dem die Anzahl der Kubikzentimeter der in einen schwimmenden Hohlraum eingeblasenen Luft an einem Maßstab abgelesen werden kann. Prüfungen von Kindern mit diesem Apparat unterliegen aber gewissen Schwierigkeiten, so daß man sich mit einer Messung des Brustumfangs in Ausatmungs- und Einatmungsstellung (mit dem Bandmaß) begnügen kann. Während der

Fig. 1. Spirometer (nach Barnes).

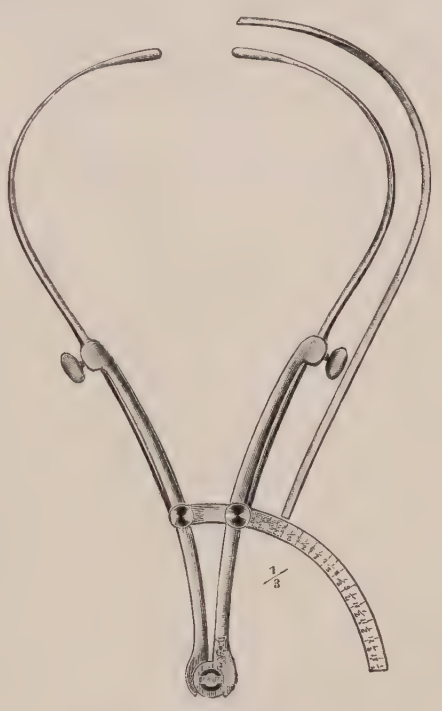


Fig. 2. Stethometer zum Messen des Brustdurchmessers (nach Flint).

Messung unterhält man sich mit dem Kinde, damit es nicht auf seine Atmung achtet und dieselbe infolgedessen in natürlicher Weise vollzieht. Aus den beiden gemessenen Werten zieht man die Mitte und hat nun wenigstens ein Maß für den Brustumfang*). Der Durchmesser der Brust kann mit dem Stethometer (Fig. 2) bestimmt werden.

*) Quirsfeld, Zur physischen und geistigen Entwicklung des Kindes während der ersten Schuljahre (Zeitschrift für Schulgesundheitspflege 1905), behauptet allerdings auf Grund seiner Untersuchungen, daß die Brustweite auf die Größe der vitalen Lungenkapazität ohne nachweisbaren Einfluß ist.

4. Die Kopfgröße. Man mißt
   a) den Umfang des Kopfes mit dem stählernen Bandmaß,
   b) Länge und Breite mit dem Kopfmesser (Fig. 3) oder mit dem Kopfzirkel (Fig. 4),
   c) die Höhe des Kopfes mit dem Anthropometer. (Fig. 5 zeigt eine vollständige Kopfmessung mit dem Cephalometer nach Krönlein.)

Zur Feststellung von Unterernährung und krankhafter Schwäche ist besonders wichtig das Messen der Druckkraft.

5. Die Druckkraft wird am einfachsten mit einem Dynamometer (Kraftmesser) untersucht.

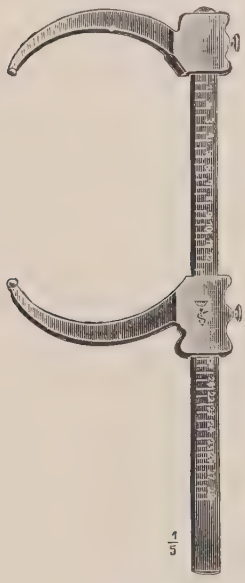


Fig. 3. Kopfmesser (nach Peterson).

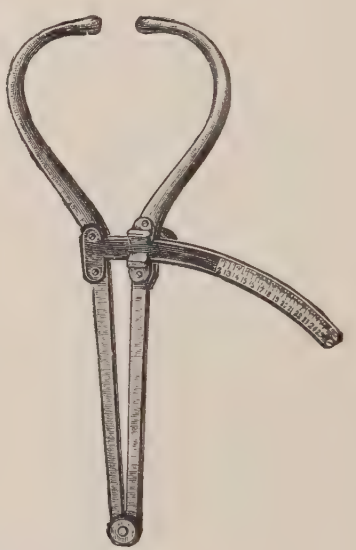


Fig. 4. Zirkel für Kopfmessungen (nach Bertillon).

Es besteht aus einer starken Feder, die mit der Hand zusammengedrückt wird. Dabei werden durch ein kleines Zahnrad zwei Zeiger auf einer Teilung fortgeschoben. Beim Nachlassen des Druckes bleibt der eine der beiden Zeiger bei der Maximalleistung stehen, und man kann die Größe derselben an der Teilung in Kilogrammen ablesen (Fig. 6). Die Figuren 7 und 8 zeigen Dynamometer für Druck und Zug*).

*) Die Apparate Fig. 1–5, 7 und 8 sind unter Bezugnahme auf die „Äsculap"-Marke in allen einschlägigen Fachgeschäften zu haben.

Die wichtigsten Ergebnisse der anthropometrischen Messungen sind folgende:

1. Die relative Zunahme der einzelnen Körperteile ist bei normalem Wachstum eine sehr verschiedene.

Drastisch tritt das in die Erscheinung, wenn man den Schädel eines Neugebornen mit dem eines Erwachsenen vergleicht (Fig. 9).

Das Kind ist also nicht eine Miniaturausgabe des Erwachsenen, sondern ein Wesen, bei dem einzelne Organe fast noch gar nicht, andere schon sehr vollkommen ausgebildet sind. Nach Analogie kann man schließen, daß bei den geistigen Fähigkeiten ein ähnliches Verhältnis vorliegt, und Untersuchungen haben das bestätigt.

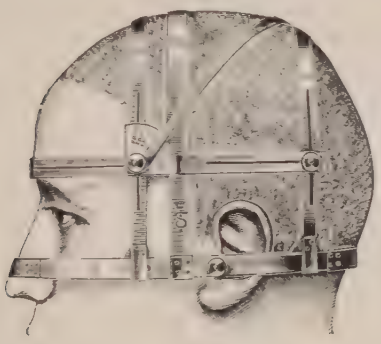


Fig. 5. Cephalometer (nach Krönlein).

Fig. 6. Dynamometer (nach Collin).

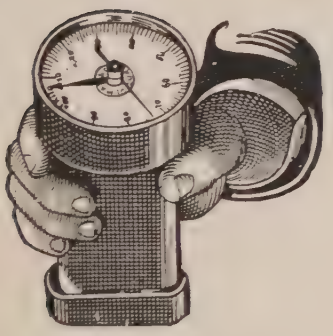


Fig. 7. Dynamometer zum Drücken (nach Ulmann).

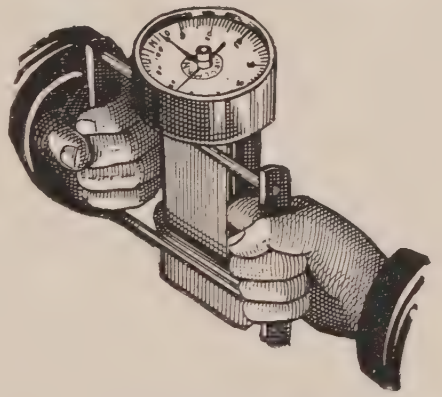


Fig. 8. Dynamometer zum Drücken und mit Vorrichtung zum Ziehen (nach Ulmann).

2. Alle Entwicklung ist rhythmisiert, d. h. die Zunahme erfolgt in den einzelnen Jahren der Entwicklung nicht gleichmäßig schnell, vielmehr ist **sie zu bestimmten Zeiten schneller als zu anderen.**

Was z. B. die Körperlänge anlangt, so sieht man aus der Abbildung Fig. 10, daß die größte Zunahme vom 14. bis 15. Lebensjahre vorhanden ist (6,4 cm). Vom 10. zum 11. Jahre dagegen zeigt sich ein Wachstumsminimum

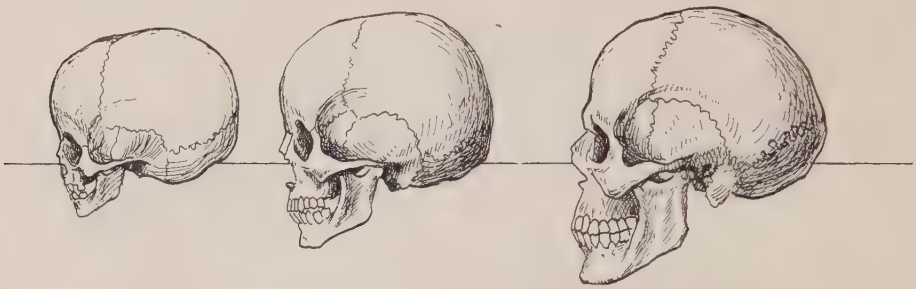


Fig. 9. Schädel des einjährigen Kindes, des zehnjährigen Kindes und des Erwachsenen. (Aus Schmidt, F. A., Dr., Unser Körper, R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1909.)

(3,7 cm). Es handelte sich hier um die Zöglinge einer höhern Schule.*) Die Berliner Volksschülerinnen zeigen ein Maximum im 13. Lebensjahre, ein Minimum im 11. und 12. Jahre**) (Fig. 11).

Diese Verhältnisse sind übrigens je nach Geschlecht, Rasse, nach dem Himmelsstrich und insbesondere nach dem Milieu, dem die Kinder entstammen, sehr verschieden. Arme Kinder entwickeln sich langsamer als reiche.

Festzustehen scheint nur, daß die Zeit der Reife das schnellste Wachstum aufweist und daß in der Zeit vom 8. bis zum 11. Lebensjahre ein zweites Maxi-

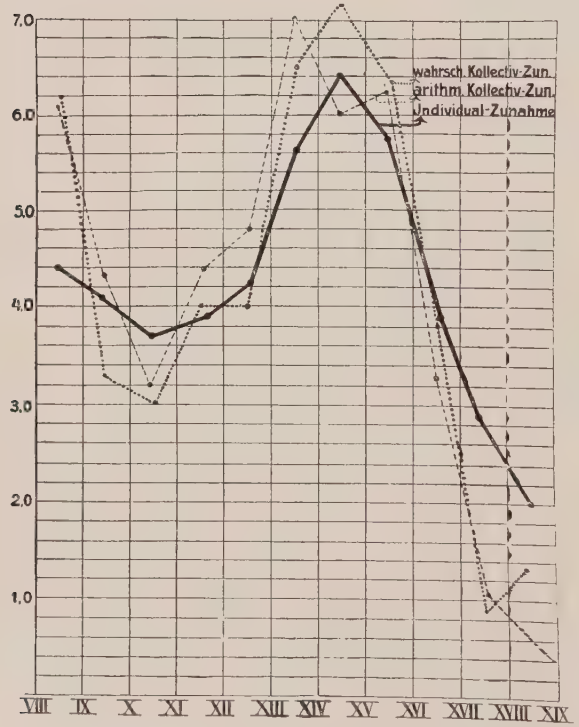


Fig. 10. Kurven der absoluten jährlichen Größenzunahme von Jenenser Schülern. (Aus Koch-Hesse, A., Dr., Ein Beitrag zur Wachstumsphysiologie des Menschen. Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege, 1905. Verlag von Leopold Voß.)

*) Koch-Hesse, A., Dr., Ein Beitrag zur Wachstumsphysiologie des Menschen. Zeitschrift für Schulgesundheitspflege. 1905.

**) Bemerkenswert ist, daß die Mädchen, die bis zum 11. Lebensjahre kleiner als die Knaben sind, von da an durch schnelleres Wachstum die Knaben überholen. Bis etwa zum 15. Lebensjahre bleiben sie größer als die Knaben.

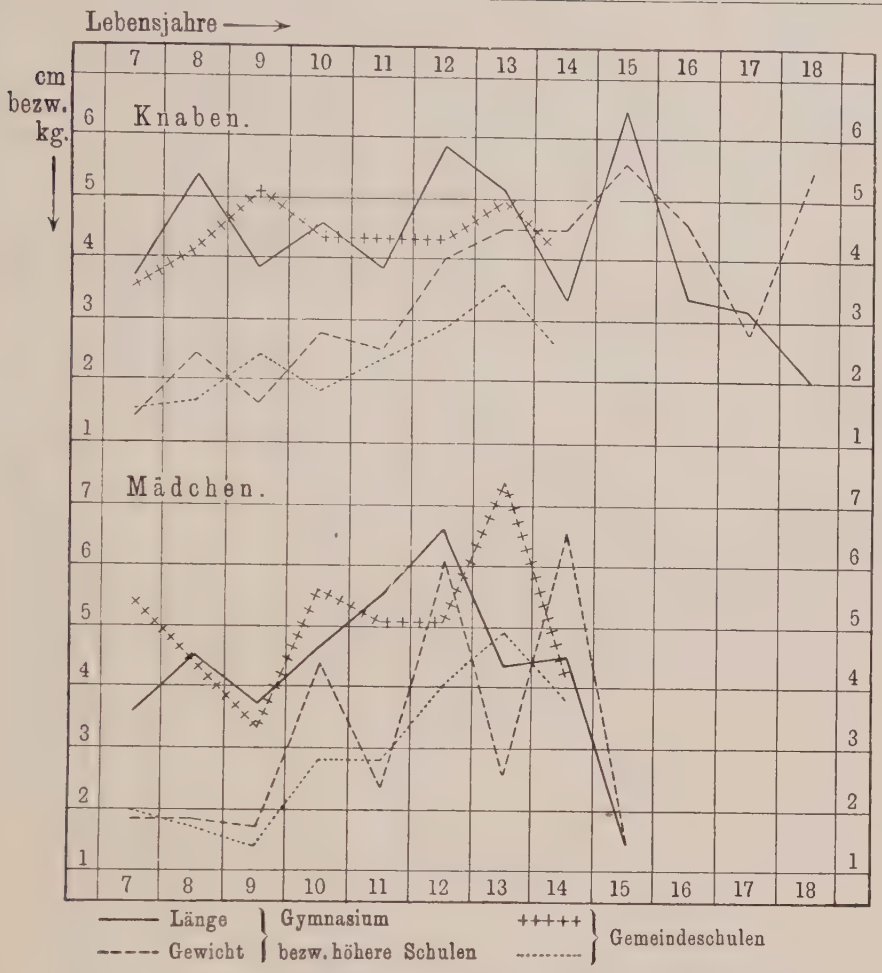


Fig. 11. Zunahme des Körpergewichts und der Körpergröße von Berliner Schülern. (Aus Rietz, Das Wachstum Berliner Kinder während der Schuljahre. Archiv für Anthropologie. Bd. 29. Vieweg & Sohn, Braunschweig.)

mum vorhanden ist, während zwischen diesen beiden Zeiten eine Periode langsamsten Wachstums liegt. Die pädagogische Wichtigkeit dieser Feststellungen ergibt sich von selbst.

Bei allen anthropometrischen Messungen läßt sich der rhythmische Verlauf nachweisen, nur fallen die Maxima der Entwicklung keineswegs immer in dieselbe Zeit. So ist bekanntermaßen die Entwicklung der Körperlänge in den Jünglingsjahren so gut wie abgeschlossen, während noch eine beträchtliche Gewichtszunahme erfolgen kann.

Ähnlich ist es bei der geistigen Entwicklung. Es erwächst daraus die Aufgabe, für jede einzelne Unterrichtsstufe nicht nur die geistige Verfassung im allgemeinen, sondern den Grad jeder einzelnen Fähigkeit gesondert nachzuweisen.

Neben diesen größeren Entwicklungsschwankungen lassen sich kürzere Schwankungen innerhalb der Jahreszeiten beobachten.

Da sich nun außerdem natürlich jedes einzelne Kind in seiner eigenen Weise schnell oder langsam entwickelt, so ist es nicht leicht, zu allgemein gültigen Resultaten zu gelangen. Darum ist es nicht zu verwundern, daß die Anthropometrie noch über wenige gesicherte Ergebnisse oder „Gesetze" verfügt. So konnte z. B. über die Frage, ob der Eintritt des Kindes in die Schule die körperliche Entwicklung zurückhält, bisher nichts Sicheres entschieden werden.

Besonders wichtig für alle derartigen Untersuchungen ist es, daß man mit den mathematischen Methoden vertraut sein muß, mit Hilfe deren erst die gewonnenen Zahlen lebendig werden und zu reden anfangen.

A. Die mathematische Behandlung der Kinderpsychologie und Pädagogik.

I. Maßbestimmungen in der Physik.

1. Das Fehlergesetz.

Sobald der Mensch sich irgendwie messend betätigt, unterliegt seine Tätigkeit auch stets bestimmten Fehlern. In der Tat existiert keine Messung, die nicht mit einem Fehler behaftet wäre. Bei der erstmaligen Messung eines Stabes z. B. bekam ich eine Länge von 100,1 mm, bei der zweiten 99,9 mm u. s. f.*). Wenn ich darum über die Länge des Stabes eine genaue Aussage machen will, so ist es nötig, viele Messungen anzustellen. Bei 80maliger Messung desselben Stabes ergaben sich in buntem Durcheinander Längen, die von 99,6 bis 100,4 mm schwankten. Doch traten die verschiedenen Zehntelmillimeter zwischen 99,6 mm und 100,4 mm nicht gleich oft als Messungsergebnis auf, sondern in folgenden Anzahlen:

99,6	mm	1 mal
99,7	„	3 „
99,8	„	8 „
99,9	„	17 „
100	„	22 „
100,1	„	17 „
100,2	„	8 „
100,3	„	3 „
100,4	„	1 „

Trage ich die Zehntelmillimeter auf einer wagerechten Linie (Abszisse) und die zugehörigen Anzahlen der Messungen in Senkrechten (Ordinaten) auf, so erhalte ich die Kurve Fig. 12. Es ergibt sich daraus die überraschende Tatsache, daß trotz der bei den Messungen hervortretenden anscheinenden Regellosigkeit die Verteilung der Fehler außerordentlich regelmäßig erfolgt. Die Fehlerkurve ist völlig

*) Die Messung erfolgte mit einem gewöhnlichen Lineal mit Millimetereinteilung, wobei die Zehntelmillimeter geschätzt werden mußten. Mit genaueren Instrumenten werden die Fehler natürlich erheblich geringer ausfallen.

symmetrisch, die rechte Hälfte ist genau gleich der linken, sie steigt zunächst sehr langsam, dann allmählich immer schneller an, um in der Mitte ebenso allmählich umzubiegen. Und zwar tritt genau dieselbe Kurve bei allen Messungen auf, gleichgültig, ob ich die Länge oder das Gewicht oder irgendeine andere Eigenschaft eines Körpers messend untersuche. In dieser gleichmäßigen Verteilung offenbart sich also ein bestimmtes Gesetz, das Fehlergesetz*), dem alle unsre physikalischen Messungen unterworfen sind.

Die genaue Ableitung und Begründung dieses Gesetzes erfolgt in der Theorie der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Wir können uns aber schon durch ganz elementare Überlegungen einen Einblick in das Wesen des Fehlergesetzes verschaffen. Zunächst ist es leicht begreiflich, daß wir die Länge des Gegenstandes ebensooft als zu groß, wie als zu klein bezeichnen. Es ist ja gar kein Grund einzusehen, weshalb man den Körper nicht ebensooft unter- wie überschätzen sollte.

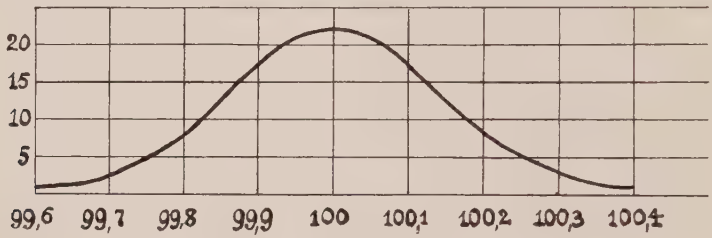


Fig. 12. Verteilungskurve beim 80 maligen Messen eines Stabes.

Damit ist die Symmetrie der Kurve erklärt. Ebenso selbstverständlich ist, daß die größeren Fehler (99,6 mm und 100,4 mm) nur sehr selten auftreten, daß die Häufigkeit dann langsam wächst und daß die kleinsten Fehler besonders häufig auftreten. Damit ist aber die Fehlerkurve in ihren wesentlichen Zügen begreiflich gemacht. Über die Breite und Höhe der Kurve freilich können wir a priori (durch Vorüberlegungen) nichts ausmachen. Diese beiden Eigenschaften sind aber für die Kurve auch nicht wesentlich, sie wechseln mit der Anzahl der Messungen, mit der Genauigkeit des Maßes u. s. f. Wesentlich ist nur die Form der Kurve.

2. Das arithmetische Mittel.

Da sich die bei unsrer Messung erhaltenen zufälligen Fehler symmetrisch gruppieren, so erhalte ich in dem arithmetischen Mittel sämtlicher Einzelmessungen die wahre Größe des gemessenen Gegenstandes.

Bezeichne ich die Anzahl der Messungen (in unserm Falle 80) mit n, die Einzelmessungen, also 99,6 mm (1 mal), 99,7 mm (3 mal) u.s.f. mit a_1, a_2, a_3 ... a_n,

*) Die Fehlerkurve ist zuerst von Gauß berechnet und begründet worden und wird darum als Gaußsches Gesetz bezeichnet.

so muß ich von diesen sämtlichen a die Summe (Σ) nehmen und durch die Anzahl der Messungen (n) teilen, um das arithmetische Mittel (A) zu erhalten. Es ist also:

$$A = \frac{\Sigma a}{n}.$$

Führe ich die Rechnung aus, so erhalte ich:

$$A = \frac{8000}{80} = 100 \text{ mm}.$$

Damit ist das Interesse der Physik an den gewonnenen Zahlen für gewöhnlich erschöpft, handelte es sich doch nur darum, die Größe des Gegenstandes zu bestimmen.

3. Die Streuung der Fehler.

Man könnte noch die Frage aufwerfen: Wie groß waren die bei der Messung zutage tretenden Fehler? Man könnte zu dem Zwecke die größte und kleinste gemessene Zahl (99,6 und 100,4 mm) oder ihre Differenz vom arithmetischen Mittel angeben und sagen: Das Maximum der Abweichung betrug (nach oben und unten) je 0,4 mm. Doch wäre eine derartige Angabe wenig genau. Denn es ist leicht einzusehen, daß man durch einen einzigen unglücklichen Zufall einmal eine Zahl erhalten könnte, die ganz erheblich (vielleicht um 2 mm) vom Mittel abweicht. Diese einzige Zahl würde dann zur Beschreibung der Genauigkeit der Messung benutzt, und sie würde ein ganz falsches Bild geben.

Darum ist es vorzuziehen, den mittleren Fehler (m F) auszurechnen. Ich bezeichne den Unterschied der einzelnen Messungen vom arithmetischen Mittel mit $\Delta_1, \Delta_2 \ldots \Delta_n$. ($\Delta$ = Differenz.) Δ_1 und Δ_n beträgt beispielsweise 0,4 mm u. s. f. Ich berechne dann die Summe aller dieser Differenzen ($\Sigma\Delta$) und teile durch die Anzahl der Messungen.

Demnach ist der mittlere Fehler:

$$m\,F = \frac{\Sigma\Delta}{n}.$$

Bei Ausführung der Rechnung erhalte ich:

$$m\,F = \frac{92}{80} = 1{,}15 \text{ Zehntelmillimeter}.$$

Diese Größe ist ein Maß für die Genauigkeit unsrer Beobachtungen oder für die Streuung der Fehler.

Man könnte an dieser Berechnung aussetzen, daß einem durch Zufall auftretenden sehr großen Fehler (etwa 2 mm) ein zu großer Einfluß auf die Rechnung zukommt. Es würde sich beispielsweise im angenommenen Falle nicht

$\frac{92}{80}$, sondern $\frac{108}{80} = 1{,}35$, also eine erheblich größere Zahl ergeben. Bei genaueren Untersuchungen bestimmt man deshalb als Präzisionsmaß nicht den mittleren, sondern den wahrscheinlichen Fehler (w F). Man denkt sich die sämtlichen (hier 80) Fehler der Größe nach geordnet und zählt nun, indem man vom kleinsten oder größten Fehler ausgeht, bis zum 40., also bis zur Mitte*). Man kann nun sagen, daß, von diesem Fehler aus gerechnet, ebensoviel größere als kleinere Fehler vorhanden sind. Darum nennt man ihn den wahrscheinlichen Fehler. Denn die Wahrscheinlichkeit, daß größere Fehler auftreten, ist ebensogroß, als die, daß kleinere auftreten. Der wahrscheinliche Fehler wird nach unsern Erwägungen immer etwas kleiner sein als der mittlere, da ja bei dieser Berechnung den äußersten Fehlern nicht ein so großes Gewicht beigelegt ist. Es ist durch Berechnungen festgestellt worden, daß der wahrscheinliche Fehler stets etwa $^4/_5$ (genauer 0,8453) des mittleren Fehlers beträgt. Es ist also

$$\text{w F} = \pm\, 0{,}8453 \cdot \frac{\Sigma \Delta}{\text{n}}.$$

Für unsern Fall ergibt sich:

$$\text{w F} = \pm\, 0{,}8453 \cdot 1{,}15 = \pm\, 0{,}972 \text{ Zehntelmillimeter.}$$

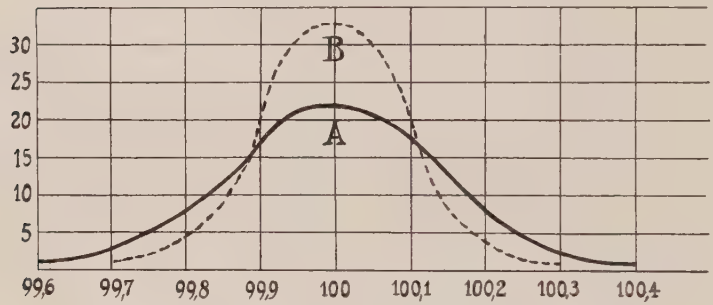


Fig. 13. Fehlerkurven von zwei Beobachtern.

Wenn ich bei meinen Messungen immer dieselben Instrumente benutze und mit derselben Gewissenhaftigkeit verfahre, so wird auch das Präzisionsmaß (der mittlere oder wahrscheinliche Fehler) derselbe bleiben, gleichgültig, ob ich etwa eine Länge von 10, 20 oder 100 cm messe. Ist darum die Genauigkeit eines Instrumentes ein für allemal bestimmt, so hat bei der Messung eines einzelnen

*) Beträgt der kleinste Fehler 1, der größte 20, so muß der in der Mitte liegende Fehler nicht etwa in der Gegend von 10 liegen. Tritt z. B. der Fehler 1 sehr oft auf, ebenso der Fehler 2 und 3, so ist es möglich, daß der wahrscheinliche Fehler gleich 3 ist. Ob nun der *eine* größte Fehler gleich 20 oder gleich 100 ist, das macht bei dieser Berechnungsart gar keinen Unterschied. Entscheidend ist dabei, in welcher Gegend die *meisten* Fehler zu verzeichnen sind.

Gegenstandes die Bestimmung des Präzisionsmaßes für den Physiker nur eine geringe Bedeutung.

Jeder Beobachter hat allerdings (je nach der Schärfe seiner Sinnesorgane, seiner Gewissenhaftigkeit usw.) sein eigenes Präzisionsmaß. In Fig. 13 sehen wir die Fehlerkurve von zwei Beobachtern. Der Beobachter B (punktierte Kurve) ist der bessere. Maximum und Minimum der Abweichung sind geringer, die Fehler scharen sich mehr um die Mitte, so daß nicht bloß 22 mal, wie bei dem Beobachter A, sondern 33 mal die Zahl 100 mm auftrat. Mittlerer und wahrscheinlicher Fehler sind bei B kleiner als bei A.

4. Wahrscheinlicher Fehler des arithmetischen Mittels.

Wir haben vorhin angenommen, daß die wirkliche Größe des gemessenen Gegenstandes gleich sei dem arithmetischen Mittel der Einzelmessungen. Das gilt aber nur in dem Falle, wenn sehr viele Messungen, streng genommen unendlich viele, vorliegen. Nur in diesem Falle entspricht das arithmetische Mittel wirklich der Größe des Gegenstandes, und man kann behaupten, daß der Fehler dieser Größe gleich Null ist. Hätte ich dagegen nur eine einzige Messung ausgeführt, so könnte ich über den möglichen Fehler gar nichts aussagen. Je mehr Messungen ich anstelle, um so größer wird die Genauigkeit, um so kleiner wird der wahrscheinliche Fehler des arithmetischen Mittels. Man könnte meinen, bei 100 mal so viel Messungen müßte auch der Fehler 100 mal so klein werden, es hat sich aber gezeigt, daß er nur 10 mal so klein wird ($\sqrt{100}$). Wenn ich also den vorhin bestimmten wahrscheinlichen Fehler aller einzelnen Beobachtungen durch $\sqrt{100}$ (allgemein: Wurzel aus der Zahl der Beobachtungen, also $\sqrt{n}$) teile, so erhalte ich den wahrscheinlichen Fehler, der dem arithmetischen Mittel noch anhaftet. Wir bezeichnen den wahrscheinlichen Fehler des arithmetischen Mittels mit wF_m. Demnach ist

$$wF_m = \frac{wF}{\sqrt{n}}.$$

Das ergibt für unsre Rechnung:

$$wF_m = \frac{0{,}972}{\sqrt{80}} = 0{,}109 \text{ Zehntelmillimeter.}$$

Diese Zahl ist aus dem Grunde von großer Wichtigkeit für den Physiker, weil sie nun wirklich ein Maß ist für die Genauigkeit der Angabe, daß der gemessene Gegenstand 100 mm lang ist.

Die bisher angegebenen Formeln sind für den Fall genügend genau, wenn wenigstens zehn Messungen ausgeführt wurden. Bei einer geringen Zahl von Messungen haben sich andere Formeln besser bewährt. Wir stellen die abgeleiteten einfachen Formeln für die Fehlerberechnung noch einmal zusammen und schreiben darunter die genaueren. (Nr. 1a, 2a, 3a.)

Einfache Formeln.

Mittlerer Fehler:

1) $$mF = \frac{\Sigma \Delta}{n} \qquad \left(mF = \frac{92}{80} = 1{,}15\right)$$

Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtungen:

2) $$wF = \pm 0{,}8453 \cdot \frac{\Sigma \Delta}{n} \qquad \left(wF = \pm 0{,}8453 \cdot 1{,}15 = \pm 0{,}97\right)$$

Wahrscheinlicher Fehler des arithmetischen Mittels:

3) $$wF_m = \frac{wF}{\sqrt{n}} \qquad \left(wF_m = \frac{0{,}97}{\sqrt{80}} = 0{,}11\right)$$

Genauere Formeln.

Mittlerer Fehler:

1a) $$mF = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}} \qquad \left(mF = \sqrt{\frac{184}{79}} = 1{,}53\right)$$

Wahrscheinlicher Fehler der einzelnen Beobachtungen:

2a) $$wF = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n-1}} \qquad \left(wF = \pm 0{,}6745 \cdot 1{,}53 = 1{,}03\right)$$

Wahrscheinlicher Fehler des arithmetischen Mittels:

3a) $$wF_m = \frac{wF}{\sqrt{n}} \qquad \left(wF_m = \frac{1{,}03}{\sqrt{80}} = 0{,}12\right)$$

Formel 1a verlangt, daß alle Fehler (Δ) ins Quadrat zu erheben, zusammenzuzählen ($\Sigma \Delta^2$) und durch $n-1$ zu teilen sind. Aus dem erlangten Werte ist die Quadratwurzel zu ziehen. Formel 2a und 3a sind danach ohne weiteres verständlich. Man sieht, daß bei 80 Messungen schon die Genauigkeit der einfachen Formeln (namentlich für 2 und 3) sehr groß ist.

II. Maßbestimmungen in der Biologie.

1. Die Gesetzmäßigkeit biologischer Größen.

Wenn zur Zeit der großen Heringszüge ein heftiger Sturm unsre norddeutschen Küsten heimsucht, dann werden die wandernden Fische zu Hunderten und Tausenden aufs Land geworfen und finden so ihren Tod. Anscheinend ohne Wahl greift die Wut der Wellen in die Hunderttausende von Organismen ein und bestimmt einen großen Teil derselben zum Untergange. Kein Mensch, der diesem

gewaltigen Naturschauspiele beiwohnen muß, kann sich seinem Eindruck entziehen, mag er nun als direkt Beteiligter (als Fischer oder Kaufmann) oder nur als Naturfreund die Vernichtung so vieler Lebewesen bedauern. Nur wenig Menschen aber ahnen, daß sich auch solche Naturvorgänge nach bestimmten Gesetzen abwickeln, daß auch hier der „Zufall" sich in eine bestimmte Formel fassen läßt. Ein Mathematiker nahm sich einst die Mühe, die Maße von mehreren Tausenden der getöteten Tiere zu bestimmen, die Länge des ganzen Tieres, des Kopfes, der Flossen usw. Er fand unter den Fischen eine beträchtliche Anzahl recht kleiner und recht großer Tiere; nach der mittleren Größe zu, die fast gar nicht vertreten war, nahm die Anzahl ganz allmählich, nach bestimmtem Gesetze, ab. Ebenso war es mit der Länge der einzelnen Körperteile. Tiere mit sehr langer und sehr kurzer Schwanzflosse waren häufiger als die Mittelsorte. Als aber derselbe Forscher dieselben Maße bei den draußen im Meer gefangenen Tieren feststellte, zeigte sich, daß dort gerade die fehlende Mittelgröße bei weitem am stärksten vertreten war und daß dieselbe nach oben und unten ganz regelmäßig abnahm, und zwar genau nach demselben Gesetze, das auch für die Messung physikalischer Größen gilt, nach dem Gaußschen Fehlergesetz. Wir können also auch hier, um das zum Ausdruck kommende Gesetz zu beschreiben, einen Mittelwert und den mittleren (oder wahrscheinlichen) Fehler der Abweichung bestimmen. Und zwar repräsentiert der Mittelwert den „Typus" des Fisches, während man die mittlere Abweichung als „Variationsbreite" bezeichnet hat. Es zeigt sich also hier gewissermaßen die Tendenz der Natur, diese Tiere stets in einer bestimmten Größe, nach bestimmten Maßen, zu produzieren; und man kann mit Sicherheit annehmen, daß sich in der „Vererbung", infolge deren die Nachkommen im allgemeinen den Vorfahren ähneln, der genügende Grund für das Auftreten dieses Mittelwertes findet, während die Variationsbreite die Breite der mittleren Lebensbedingungen bedeutet, unter denen das Tier sein Dasein verbringt. So bestimmt unter anderm die durchschnittliche Stärke der an den Küsten herrschenden Stürme die Grenzen, innerhalb deren die zu großen und zu kleinen Organismen ausgeschieden werden. In diesen durch Vererbung und mittlere Lebensbedingungen festgelegten Grenzen folgt die Verteilung nun den rein zufälligen Lebensbedingungen des Einzelwesens (verschiedene Nahrung usw.), und infolge dieser Zufälligkeiten muß die Form der Kurve dieselbe sein wie die beim Gaußschen Fehlergesetz, das bei den ebenfalls rein zufälligen Ereignissen beim Messen irgendeiner physikalischen Größe zutage tritt. Man sieht aber, daß der mittlere Fehler, der für die physikalische Messung nur wenig Bedeutung hat, in der Biologie eine größere Wichtigkeit hat, weil er als „Variationsbreite" diejenigen Größen angibt, innerhalb deren die um den Mittelwert sich scharenden Individuen als „normal" zu bezeichnen sind.

Genau dieselben Gesetze gelten für alle Lebewesen, auch für den Menschen. Eine Maßbestimmung ist hier viel schwieriger als bei physikalischen Messungen. So fand z. B. Thoma*), daß bei der Messung der Körperlänge eines Menschen

*) Thoma, R., Untersuchungen über die Größe und das Gewicht der anatomischen Bestandteile des menschlichen Körpers. Leipzig 1882.

schon recht beträchtliche Fehler vorkommen. Wenn er ein Kind unmittelbar hintereinander mehrmals maß, so kamen trotz größter Vorsicht Fehler von 4, ja von 5 mm vor. Mißt man aber eine sehr große Anzahl von Individuen, so tritt trotz alledem das Fehlergesetz klar hervor. So zeigt die Figur 14 eine berechnete Gaußsche Kurve (ausgezogene Linie), während die punktierte Linie die Verteilung der Körperlängen von 2192 amerikanischen Schulkindern (Mädchen von 8 Jahren) darstellt. Es fanden sich z. B. 2 Mädchen von 137 cm, 8 von 135 u. s. f. Die mittlere Größe von 120 cm war mit 300 Mädchen vertreten; 3 waren 103 cm, 2 nur 100 cm lang. Man sieht nun, wie genau die punktierte Linie mit der berechneten übereinstimmt.

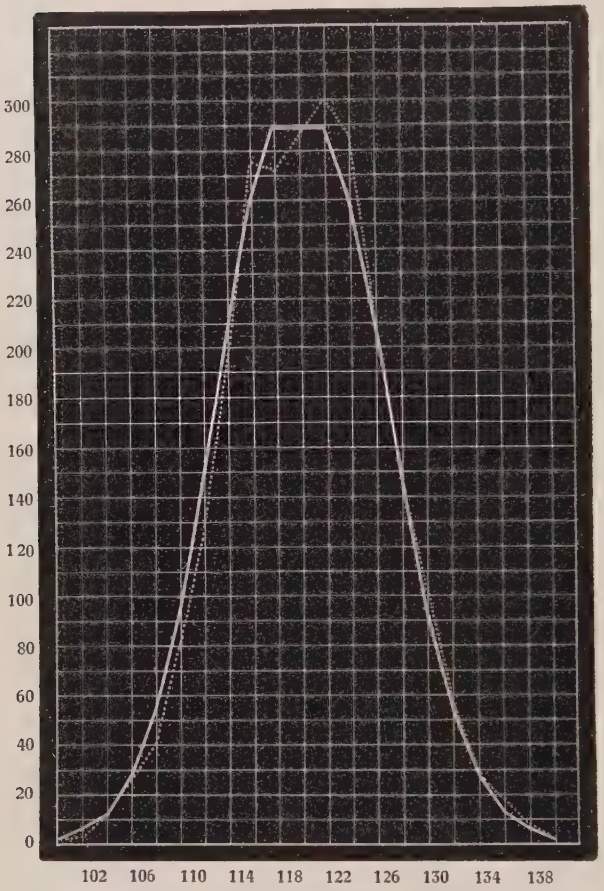


Fig. 14. Verteilung der Einzelbeobachtungen der Größe von 2192 achtjährigen Mädchen aus St. Louis nach dem Gaußschen Gesetz (ausgezogene Kurve) und nach der Beobachtung (punktierte Kurve). (Aus Townsend Porter, Untersuchungen der Schulkinder in bezug auf die physischen Grundlagen ihrer geistigen Entwicklung. Zeitschr. f. Ethnologie, 1893. Asher & Co., Berlin.)

Die Forscher, die zum ersten Male die Tatsache erkannten, daß auch Leben und Tod und alle Verhältnisse des menschlichen Lebens bestimmten, in Zahlen ausdrückbaren Gesetzen unterliegen, wurden mit Ehrfurcht erfüllt vor dem gesetzmäßigen Walten in der Natur. So schreibt Süßmilch, der Verfasser der „göttlichen Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts“*): „Der weiseste Schöpfer und Regierer der Welt lässet das zahlreiche Heer des menschlichen Geschlechts durch die Zeugung aus seinem Nichts hervorgehen, soviel er desselben zum Leben geordnet hat. Der Ewige

*) Zitiert nach Lipps, Die psychischen Maßmethoden. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1906.

läßt uns in der Zeit gleichsam vor seinem Angesicht vorbeigehen, bis wir nach Erreichung des einem jeden gesteckten Zieles wiederum von diesem Schauplatze abtreten. Der Auftritt, der Vorübergang vor den Augen des Herrn der Heerscharen und der Abtritt, alles geschieht mit einer bewunderungswürdigen Ordnung."

2. Das zweiteilige Gaußsche Gesetz.

Fechner untersuchte im Jahre 1863 die Maße von über 200 sechsgliedrigen Roggenhalmen, die er einem Felde der Leutzscher Flur bei Leipzig entnommen hatte. Das zweite Glied der Halme beispielsweise zeigte folgende Maße*):

1 mal:	19 cm	30 mal:	35 cm
1 „	21 „	31 „	37 „
2 „	23 „	32 „	39 „
7 „	25 „	26 „	41 „
7 „	27 „	16 „	43 „
16 „	29 „	7 „	45 „
18 „	31 „	1 „	47 „
26 „	33 „	2 „	49 „

Ordnet man diese Zahlen in eine Kurve, so ergibt sich das Bild Figur 15, also eine Form, die wieder der Gaußschen Kurve ähnlich ist, wobei aber der Gipfel der Kurve nach der einen Seite verschoben erscheint. Man kann sie sich entstanden denken aus zwei halben Fehlerkurven, wobei aber der mittlere Fehler (oder die mittlere Variationsbreite) für jede Hälfte verschieden ist. Figur 16 zeigt eine solche asymmetrische Kurve ohne die infolge der immerhin geringen Anzahl von Einzelmessungen entstandenen Unebenheiten.

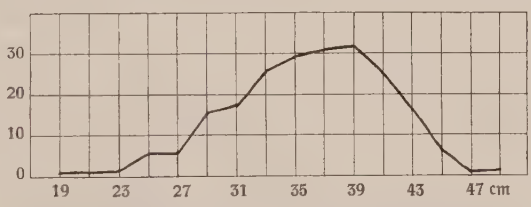


Fig. 15. Verteilung der Längen des zweiten Gliedes von 217 sechsgliedrigen Roggenhalmen von Leipzig-Leutzscher Flur. (Zusammengestellt nach einer Verteilungstafel aus Fechners Kollektivmaßlehre.)

Und wenn man genau zusieht, tritt bei jeder Bestimmung eines Typus in der Biologie eine solche asymmetrische Kurve auf (vgl. auch Fig. 17). Selbst die Kurve Figur 14 zeigt bei genauer Betrachtung eine leichte Asymmetrie, welche sich dadurch

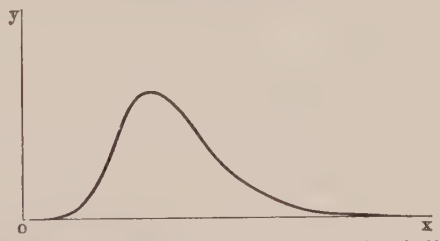


Fig. 16. Asymmetrische Verteilungskurve. (Aus dem Archiv für Anthropologie, Bd. 30, 1904. Vieweg & Sohn, Braunschweig.)

*) Aus Fechner, Kollektivmaßlehre.

kundgibt, daß auf der linken Hälfte der größte Teil der punktierten Linie innerhalb, auf der rechten Hälfte außerhalb der ausgezogenen Linie fällt*).

Die Ursache der Asymmetrie biologischer Verteilung läßt sich schwer theoretisch ableiten, leicht aber an Beispielen deutlich machen. So kann man sich recht gut vorstellen, daß schon eine geringe Verkürzung der Schwanzflosse der Heringe gegen das Normalmaß diese Tiere unfähig macht, den Kampf mit den Elementen

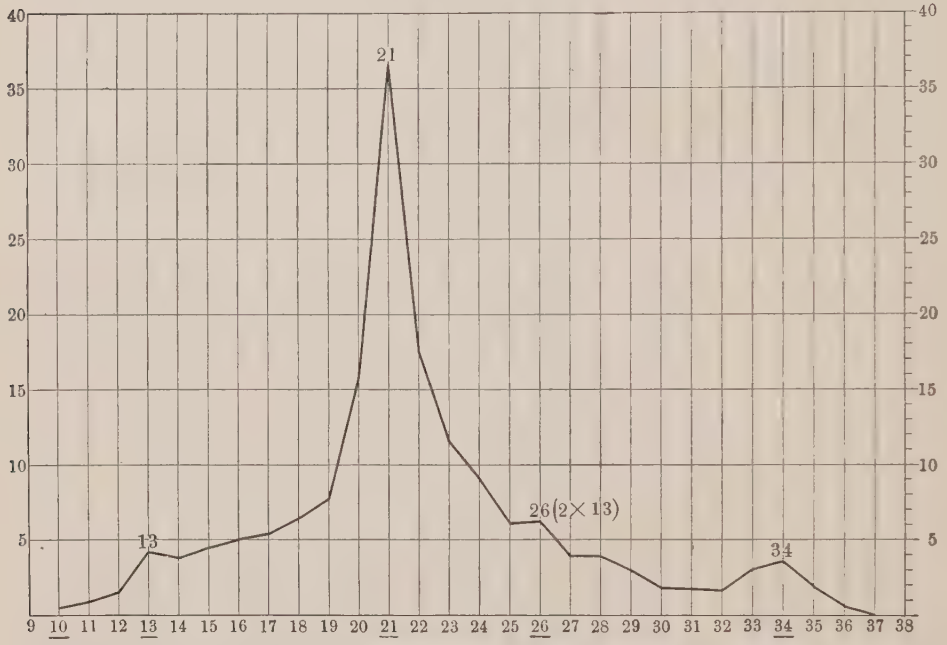


Fig. 17. Anzahl der Strahlenblüten von 17000 Blütenköpfen von Chrysanthemum leucanthemum (Löwenzahn) nach Ludwig. (Aus Ranke und Greiner, Das Fehlergesetz und seine Verallgemeinerungen usw. Archiv für Anthropologie, Bd. 30, 1904. Vieweg & Sohn, Braunschweig.)

aufzunehmen, während die Flosse vielleicht viel beträchlicher nach oben in der Größe abweichen kann, ehe sie durch ihre „Unhandlichkeit" (also vielleicht da-

*) Wir teilen nicht die Ansicht von Ranke und Greiner (Das Fehlergesetz und seine Verallgemeinerung durch Fechner und Pearson in ihrer Tragweite für die Anthropologie. Archiv für Anthropologie 1904), daß die Asymmetrie anthropologischer Maße nur eine unwesentliche sei, die sich durch die von Fechner vorgeschlagene logarithmische Behandlung des einfachen Gaußschen Gesetzes beseitigen lasse. Diese Frage, sowie die andere, ob wesentliche Asymmetrie nur bei diskontinuierlich variierenden Maßen (nie bei kontinuierlich variierenden) auftritt, wie die angeführten Autoren behaupten, sind hier aber nicht zu diskutieren, weil sie für die mathematische Behandlung psychologischer und pädagogischer Probleme nicht von grundlegender Bedeutung sind.

durch, daß die vorhandenen Muskeln nicht mehr ausreichen, bei starkem Seegange die Flosse mit genügender Kraft zu bewegen) dem Tiere Schaden bringt*).

Müssen wir aber für biologische Messungen eine asymmetrische Verteilung annehmen, so ist klar, daß hier die Berechnung eine andere sein muß, wie bei den physikalischen Messungen. Was zunächst den Hauptwert anlangt, so ist ersichtlich, daß hier nicht das arithmetische Mittel den Typus repräsentiert, sondern die Größe, die am häufigsten auftritt, das sogenannte Dichtigkeitsmittel (D), so genannt, weil an der bestimmten Stelle sich die Anzahlen der Beobachtungen am dichtesten drängen. Für die Figur 15 ist beispielsweise 39 cm das Dichtigkeitsmittel, es trat am häufigsten, nämlich 32 mal, auf. Dagegen beträgt das arithmetische Mittel etwa 36 cm, eine Zahl, die offenbar nicht den Typus darstellt.

Man hat als Maß bei asymmetrischen Kurven zuweilen auch den sogenannten Zentralwert (C) benutzt. Man ordnet beim Aufsuchen desselben die vorhandenen Zahlen der Größe nach und zählt nun, bis man an die mittelste Zahl gelangt. Hat man also, wie in dem Beispiele, 217 Halme gemessen, so zählt man bis zum 109. Halme. Der weist aber die Länge von 37 cm auf. Der Zentralwert liegt stets zwischen arithmetischem Mittel und Dichtigkeitsmittel und kommt also dem letzteren näher als das arithmetische Mittel. In unserm Beispiele beträgt

das arithmetische Mittel . . .	(A)	36 cm
der Zentralwert	(C)	37 „
das Dichtigkeitsmittel	(D)	39 „

Hat man nur wenige Messungen ausgeführt, so genügt zur Berechnung der Zentralwert, der ja noch viel leichter (durch bloßes Auszählen) als das arithmetische Mittel gefunden wird. Bei einer großen Zahl von Messungen tritt aber der Dichtigkeitswert ohne weitere Rechnung schon in der Verteilungstafel durch die große Zahl der Beobachtungen hervor und ist dann für die Berechnung vorzuziehen.

Nach Feststellung des Dichtigkeitswertes muß man nun für jede Seite der Kurve besonders den mittleren Fehler berechnen, daraus ergibt sich die Variationsbreite, die natürlich asymmetrisch, vom Dichtigkeitsmittel gerechnet, verteilt sein muß.

Haben wir also in unserm Beispiel den Dichtigkeitswert mit 39 bestimmt, so berechnen wir zunächst die Summe aller Abweichungen nach oben, die wir

*) Vom rein mathematischen Standpunkte aus läßt sich die Asymmetrie biologischer Größen etwa so erklären: Die symmetrische Verteilung ist nur dort zu erwarten, wo unendlich viele, voneinander unabhängige Fehlerursachen gedacht werden müssen. In einem solchen Falle muß man annehmen, daß die positiven Fehler die negativen aufwiegen müssen, weil keine Ursache für das Gegenteil aufgefunden werden kann. Wo aber außerdem bestimmte Gesetze einwirken, z. B. die Wachstumsgesetze in der Biologie, da ist stets eine asymmetrische Kurve zu erwarten. Die Größe eines Baumes z. B. kann nach oben hin nicht allzusehr über das Normalmaß hinausgehen, weil er sonst den herrschenden Stürmen nicht standhalten kann, während nach unten hin sich die Kurve bis zu den kleinsten Zwergbäumen nur ganz allmählich verliert.

als $\Sigma \Delta^{o}$ bezeichnen wollen und teilen durch die Anzahl der Abweichungen nach oben (n^{o}). Dann erhalten wir für den mittleren Fehler nach oben hin (mF^{o}), entsprechend den auf Seite 18 zusammengestellten einfachen Formeln:

$$mF^{o} = \frac{\Sigma \Delta^{o}}{n^{o}}.$$

Nun führen wir dieselbe Rechnung nach unten zu besonders aus, indem wir die Summe der Abweichungen nach unten hin ($\Sigma \Delta_{u}$) durch die Anzahl dieser Abweichungen (n_{u}) teilen. Wir haben so die mittlere Abweichung nach unten (mF_{u}):

$$mF_{u} = \frac{\Sigma \Delta_{u}}{n_{u}}.$$

Anstatt „mittlerer Fehler" wird man in diesem Falle natürlich besser „mittlere Variation" (mV) sagen. Demnach wäre eine biologische Verteilung durch folgende Werte charakterisiert:

1. Der Dichtigkeitswert D. Er repräsentiert den Typus des untersuchten Gegenstandes.
2. Die mittlere Variation nach oben und unten:

$$mV^{o} = \frac{\Sigma \Delta^{o}}{n^{o}}$$

$$mV_{u} = \frac{\Sigma \Delta_{u}}{n_{u}} *).$$

Man kann schließlich noch den wahrscheinlichen Fehler des Dichtigkeitswertes berechnen, und zwar kann ich ihn von der oberen oder von der unteren Hälfte aus berechnen. Es ergeben sich (entsprechend der Formel auf Seite 17, wenn wir den wahrscheinlichen Fehler des Dichtigkeitswertes mit wF_{D} bezeichnen), hier zwei Formeln

$$wF_{D} = \frac{mV^{o}}{\sqrt{n^{o}}}$$

oder

$$wF_{D} = \frac{mV_{u}}{\sqrt{n_{u}}} **).$$

Die deutsche anthropologische Forschung hat leider von dieser mathematischen Behandlungsweise ihrer Ergebnisse fast noch gar nicht Gebrauch gemacht. Man

*) Ohne weiteres ersichtlich ist, daß auf der Seite der Kurve, wo die mV größer ist, auch die größere Anzahl von Beobachtungen vorhanden sein muß, und zwar muß sich die Anzahl der Beobachtungen verhalten wie die Größe der mittleren Variationen, also

$$mV^{o} : mV_{u} = n^{o} : n_{u}.$$

**) Der wahrscheinliche Fehler erscheint also in diesen beiden Fällen nicht ganz gleich, was daher kommt, daß ich im einen Falle eine größere Anzahl von Beobachtungen zu seiner Bestimmung verwendet habe als im andern.

begnügt sich gewöhnlich, das arithmetische Mittel der Beobachtungen anzugeben. Das mag nun in den Fällen hingehen, wo die Asymmetrie eine geringe ist. Daß man aber fast nie (auch in den neuesten Arbeiten nicht) die mittlere Variation angibt, ist eine schlimmere Versäumnis*). Es müssen dadurch der Anthropologie eine große Anzahl wichtiger Beobachtungen entgehen.

Warum aber gerade bei Messungen von Schulkindern die von uns entwickelte Berechnung eingeführt werden muß, wird noch gezeigt werden.

3. Erfordernisse eines Kollektivgegenstandes.

In der Physik handelt es sich bei genauen Maßbestimmungen um wiederholte Messungen *desselben* Gegenstandes, aus denen wir das Mittel ziehen; in der Biologie aber um eine ganze Art oder Gattung von Gegenständen, deren einzelne Repräsentanten ich messe, um den Typus der Art festzustellen. Diese ganze Art nennt Fechner einen Kollektivgegenstand, weil es sich stets um eine ganze Kollektion von Gegenständen handelt. Um zu richtigen Werten zu gelangen, ist es wünschenswert, *alle* Individuen zu messen, die zu der betreffenden Art gehören, also z. B. *alle* Menschen. Ist eine solche Bestimmung unausführbar, so kann ich ja den Gattungsbegriff einschränken. Ich kann z. B. alle erwachsenen Deutschen messen (vgl. Rekrutenmessungen) oder alle zwölfjährigen Mädchen der Stadt Berlin usw. Knaben und Mädchen dürfen natürlich nicht bei der Berechnung zusammengeworfen werden, weil ich schon im voraus weiß, daß die Knaben andere Maße haben wie die Mädchen. Sind in einer Gegend wesentlich verschiedene Menschenrassen vertreten, so muß ich jede Rasse gesondert untersuchen.

Ganz besondere Aufmerksamkeit erfordern die Fälle, wo durch künstliche Einflüsse die natürlichen Verhältnisse so stark geändert werden, daß anstatt *eines* Typus zwei angenommen werden müssen. So scheint festzustehen, daß die Kinder wohlhabender deutscher Eltern wesentlich andere Körpermaße zeigen wie die armer Eltern, daß auch ihre Körperentwicklung verschieden schnell fortschreitet. Und zwar scheinen die Unterschiede so bedeutend zu sein, daß Kinder reicher und armer Eltern derselben Altersstufe größere Unterschiede zeigen, als die Kinder gleicher Altersstufe von ganz verschiedenen Rassen. Die Anthropometrie muß solche Verhältnisse mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgen, da sie von größter Bedeutung für die nationale Erziehung sind. Wenn diese Verhältnisse sich noch weiterhin so verschieben sollten, so würde das einen höchst bedauerlichen inneren Zerfall der Einheitlichkeit des deutschen Volkes bedeuten, dem nur durch zielbewußte Angleichung der Lebensverhältnisse während der Zeit der Entwicklung (einheitliche Volksschule usw.) begegnet werden könnte.

In den meisten Fällen wird es nicht möglich sein, alle zu der Art gehörigen Kollektivgegenstände auszumessen. Dann muß die nötige Auswahl natürlich mit Vorsicht erfolgen. Will ich z. B. die Maße der Ähren eines Kornfelds bestimmen,

*) Das Anführen des größten und geringsten Wertes (Maximum und Minimum), das gewöhnlich erfolgt, ist nur ein sehr dürftiger Ersatz.

so wäre es selbstverständlich töricht, wenn ich etwa die am Feldrain wachsenden Exemplare benutzen wollte. Bei Messung von Kopfgrößen sind offenbar anormale Bildungen, z. B. Wasserköpfe, Mikrozephalen, auszuscheiden. Im allgemeinen aber ist daran festzuhalten, daß man bei Kollektivgegenständen, wo, wie wir gesehen haben, in den meisten Fällen eine asymmetrische Kurve zu erwarten ist, mit der Zahl der Beobachtungen nicht sparen darf. Mehrere Hundert, besser noch Tausend, gehören zu einer Verteilungstafel, wenn man genaue Ergebnisse haben will*).

Fig. 18. Variationskurve einer Pflanze (Sedum spectabile) im weißen (a) und roten Licht (b). (Aus Klebs, G., Studien über Variation. Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, 1907. W. Engelmann, Leipzig.)

4. Experimentelle Beeinflussung biologischer Größen.

Die Kurve a Figur 18 ist auf folgende Art zustande gekommen. Man zählte bei 1370 Blüten einer Sedum-Art die Anzahl der Staubblätter (4—10) und trug auf den Senkrechten die einzelnen Häufigkeiten für jede Zahl ab. Der Typus ist durch die Zahl 5 repräsentiert, die Abweichung nach oben wird ungefähr 2 sein, die nach unten ist ganz minimal, da, wie man sieht, nur sehr wenig Blüten mit vier Staubblättern vorhanden waren. Mit diesen Zahlen: Dichtigkeitswert 5, obere Abweichung 2, untere ziemlich 0, ist der Sachverhalt mathematisch erschöpfend beschrieben. Man sieht aber hier recht deutlich, was für ein falsches Bild entstehen würde, wenn wir nur das arithmetische Mittel (etwa 6) angeben wollten. Das müßte den Anschein erwecken, als ob die größte Anzahl der Blüten sechs Staubblätter zählte, was nicht den Tatsachen entspricht.

Kurve b zeigt dieselbe Pflanzenart, in einem Glashaus mit rotem Glas gezogen. Wir sehen, daß fast nur noch Blüten mit fünf Staubblättern vorhanden sind. Bei bloßer Berechnung des arithmetischen Mittels würde nun der Anschein erweckt, als ob durch die Einwirkung des roten Lichtes der Typus einer sechsblättrigen Pflanze sich zu dem einer fünfblättrigen veränderte. In Wirklichkeit aber liegt der Fall so, daß der häufigste Wert 5 derselbe bleibt, daß aber alle reicher ausgestatteten Blüten durch das rote Licht in der Entwicklung

*) Das neuerdings wieder empfohlene Verfahren, eine verhältnismäßig geringe Anzahl von „normalen" Individuen auszusuchen, kann nicht gebilligt werden, weil es der Willkür des Beobachters überlassen bleibt, was er als normal ansieht. Derartige Messungen beschreiben dann nicht den „Normal"-Menschen, sondern einen Ideal-Menschen, und es werden auf Grund solcher Untersuchungen oft die verkehrtesten Schlüsse gezogen.

gehemmt werden. Wir sehen also, daß nur die vollständige Beschreibung eines Kollektivgegenstandes nach Dichtigkeitswert, oberer und unterer Variationsbreite ein erschöpfendes Bild von den Veränderungen gibt, die bei einer bestimmten Beeinflussung des Wachstumsvorganges entstehen.

Die zweigipflige Kurve (Fig. 19) ist so entstanden, daß dieselbe Sedum-Art zuerst eine Zeitlang unter normalen Bedingungen aufwuchs, bis eine Anzahl von Blüten ansetzte; dann ließ man eine chemische Substanz auf das Wachstum einwirken. Die gemessenen Individuen (Blüten) sind also unter ganz verschiedenen Bedingungen entstanden, die erste Hälfte unter normalen, die zweite unter anormalen. Es sind gewissermaßen zwei ganz verschiedene Typen oder Rassen vorhanden.

In allen Fällen, wo zwei- oder mehrgipflige Kurven auftreten, ist das Bestimmen eines Mittelwertes natürlich ausgeschlossen, man hat vielmehr nachzuforschen, ob nicht zwei verschiedene Rassen vorliegen oder ob der eine Teil der untersuchten Individuen unter anderen Bedingungen aufwuchs wie der zweite.

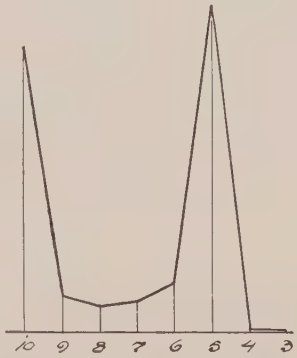


Fig. 19. Variationskurve der Staubblätter von Sedum spectabile bei Einwirkung von Chemikalien. (Aus Klebs, G., Studien über Variation. Archiv f. Entwicklungsmechanik, 1907. W. Engelmann, Leipzig.)

III. Maßbestimmungen in der Psychologie.

Wer es unternimmt, psychologische Vorgänge zahlenmäßig genau zu bestimmen, wird bald die Erfahrung machen, welche großen Schwierigkeiten hier vorliegen. Ist es auch gelungen, etwa eine Helligkeitsempfindung irgendwie zu messen*), so ist es doch ausgeschlossen, daß ich dieselbe Empfindung wieder und immer wieder messe. Denn jede Empfindung, überhaupt jeder Bewußtseinsvorgang ist unwiederbringlich verloren und kehrt niemals in genau derselben Form wieder, wenn er einmal abgelaufen ist. Da ich nun zur genauen Maßbestimmung unbedingt viele Einzelmessungen brauche, so kann ich mir nur dadurch helfen, daß ich viele ähnliche Empfindungen messe, also z. B. viele Empfindungen, die in normaler Bewußtseinslage bei Einwirkung einer bestimmten Helligkeit auftreten. Wir messen also gewissermaßen viele einzelne Individuen, die einzelnen Empfindungen, und bestimmen dann den Typus dieser ganzen Art oder Gattung von Empfindungen. Man sieht, daß psychologische Größen nur als Kollektivgegenstände mathematisch behandelt werden können, daß darum auch hier dieselben Methoden angewendet werden müssen, wie etwa in der Biologie. Wir haben also auch in der Psychologie asymmetrische Verteilungen zu erwarten, wir müssen den Dichtigkeitswert berechnen und die mittlere Variation nach oben und unten besonders.

*) Die Möglichkeit solcher Messung wird in den nachfolgenden Kapiteln gezeigt werden.

Nehmen wir an, daß eine bestimmte Person in den meisten Fällen schon durch sehr geringe Reize (etwa Temperaturempfindungen) in gewisse Gemütserregungen versetzt wird, so hätten wir in dem Dichtigkeitswerte dieser Zahlen eine große „Reizbarkeit" der Person festgestellt. Zeigt sich dabei bei der einen Person eine große, bei der andern eine geringe mittlere Variation, so reden wir von „unberechenbaren" oder „berechenbaren" Naturen.

Figur 20 zeigt die Leistung eines Erwachsenen*) im mehrstündigen Abschreiben einstelliger Zahlen. Es wurde dabei bestimmt, wie lange das Abschreiben von je 25 Zahlen dauerte. 25 Zahlen wurden geschrieben:

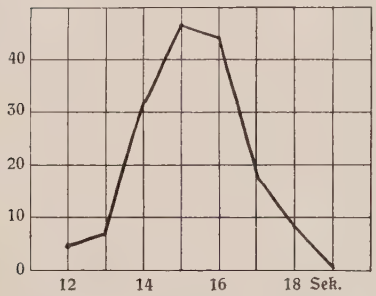


Fig. 20. Verteilung der Leistung beim Abschreiben einstelliger Zahlen.

4	mal	in	je	12	Sekunden
7	„	„	„	13	„
32	„	„	„	14	„
47	„	„	„	15	„
44	„	„	„	16	„
18	„	„	„	17	„
8	„	„	„	18	„
1	„	„	„	19	„

Man erkennt an der Kurve die annähernde Übereinstimmung mit der Gaußschen Fehlerkurve und eine schwache Asymmetrie.

Sind schon bei psychologischen Beobachtungen an ein und demselben Individuum die Zahlen als Kollektivgegenstände zu behandeln, so trifft das natürlich erst recht für Massenbeobachtungen zu, wo es sich um viele Individuen handelt.

In den Erzeugnissen der menschlichen Kultur, der Sprache, Religion oder Kunst eines Volkes sind bestimmte psychologische Vorgänge niedergelegt, gewissermaßen versteinert, die, wie wir gesehen haben, die Objekte der Völkerpsychologie bilden und ebenfalls der messenden Untersuchung zugänglich sind.

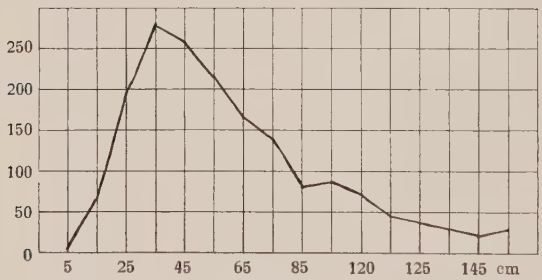


Fig. 21. Verteilung von 1794 Gemälden (Landschaften) nach der Höhe der Bilder. (Zusammengestellt nach einer Verteilungstafel aus Fechners Kollektivmaßlehre.)

Fechner ließ bei vielen tausend Gemälden die Höhe und Breite des Bildes ausmessen. Figur 21 zeigt die Verteilung von Landschaftsbildern ihrer Höhe nach. Am häufigsten (über 250 mal) fand sich eine Länge von 35 cm. Die Verteilung selbst ist eine außerordentlich regelmäßige und deutlich asymmetrisch, ebenso bei den Genrebildern (Fig. 22). — Dieses Beispiel lehrt, daß auch die allerkompliziertesten psychologischen Vorgänge

*) Versuchsperson war Herr W. Weise, Lehrer an der 6. Bezirksschule in Leipzig.

(es handelt sich dabei um sehr zusammengesetzte ästhetische Werturteile) in gesetzmäßiger Weise verlaufen.

In Figur 23 sehen wir eine deutlich zweigipflige Kurve, ähnlich der in Figur 19. Ohne etwas Näheres zu wissen, können wir schließen, daß es sich nicht um einen einheitlichen Kollektivgegenstand handeln kann, sondern daß zwei Arten oder Gattungen vorliegen müssen. Das ist auch tatsächlich der Fall. Ich prüfte nämlich meine Rechenfähigkeit in sechsstündiger ununterbrochener Arbeit*). Die Verteilungskurve wäre voraussichtlich eine regelmäßig asymmetrische mit einem Gipfel etwa bei 160 geworden. Nun stellten sich aber im Verlaufe der Ermüdung gewisse Unregelmäßigkeiten ein. Nach der vierten Stunde wurde der Schmerz in der Hand, die das Nachzeigen auf den Aufgabeblättern besorgt hatte, so unerträglich, daß ich instinktiv die Hand herunternahm und damit gegen die Knie schlug. Durch diese Massage der Hand wurden jedenfalls die Ermüdungsstoffe zum Teil beseitigt, und die Leistung stieg sofort wieder bis auf 250 Aufgaben in 150 Sekunden, während vorher 160—170 Sekunden gebraucht wurden. Infolgedessen wurde die Zahl 150 die häufigste, 25 mal wurden je 250 Aufgaben in 150 Sekunden gerechnet. Dadurch entstand der zweite Gipfel.

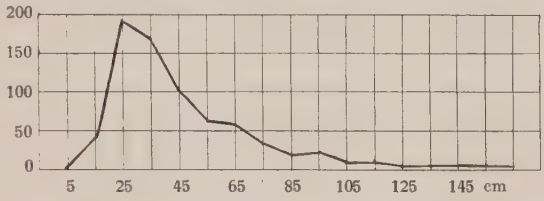


Fig. 22. Verteilung von 775 Gemälden (Genre) nach der Breite der Bilder. (Zusammengestellt nach einer Verteilungstafel aus Fechners Kollektivmaßlehre.)

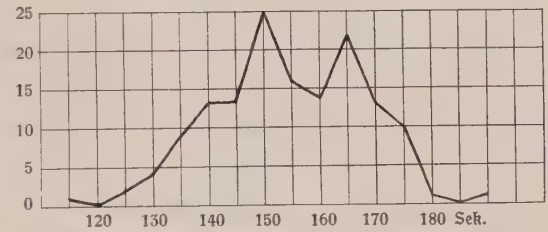


Fig. 23. Zweigipflige Verteilungskurve einer sechsstündigen Rechenarbeit. (Addieren einstelliger Zahlen, je 250 Aufgaben in 115, 120 . . . . 190 Sekunden.)

Man sieht aus diesem Beispiel, daß es nicht angängig ist, Leistungen in verschiedenen Stadien der Ermüdung zusammenzuwerfen.

Nur die Zahlen, die im gleichen Stadium der Ermüdung, Übung usw. gewonnen worden sind, dürfen zu Mittelzahlen vereinigt werden. Man muß daher eine psychologische Untersuchung möglichst immer zu denselben Tagesstunden ausführen, alle Unregelmäßigkeiten (Genuß von Alkohol, Tabak usw.) möglichst auszuschalten suchen und überhaupt alles tun, um wirklich einen reinen Kollektivgegenstand, also in diesem Falle Bewußtseinsvorgänge derselben Art, der Betrachtung zu unterwerfen.

Selbstverständlich ist, daß auch hier nur eine große Anzahl von Versuchen zu sicheren Schlüssen führt.

*) Zweck der Untersuchung war, den Verlauf der Ermüdung bei geistiger Arbeit zu messen. Assistent war Herr Niceus, Lehrer an der 6. Bezirksschule in Leipzig.

IV. Maßbestimmungen in der Kinderpsychologie und Pädagogik.

Kinderpsychologie und Pädagogik, sowie die Anthropologie des Kindes haben es mit der Entwicklung des Menschen zu tun. Die Anthropologie des Kindes und die Kinderpsychologie betrachten die natürliche Entwicklung von Körper und Geist des Menschen, während der Pädagogik die Veränderungen zur Betrachtung vorliegen, die bei zielbewußter Einwirkung in der natürlichen Entwicklung des ganzen Menschen eintreten.

Daß die Gegenstände der genannten drei Wissenschaften für die mathematische Behandlung als Kollektivgegenstände zu gelten haben, ist nach den vorausgegangenen Kapiteln ohne weiteres klar, doch verdient hier ein Punkt besonderer Hervorhebung.

Zur Klarstellung wählen wir ein Beispiel aus der Anthropologie.

1. Verschiebung der Asymmetrie durch natürliches Wachstum.

In Figur 24 sehen wir bei den zwölf- bis dreizehnjährigen Freiberger Schulmädchen eine hervorragend gleichmäßige, beinahe absolut symmetrische Ver-

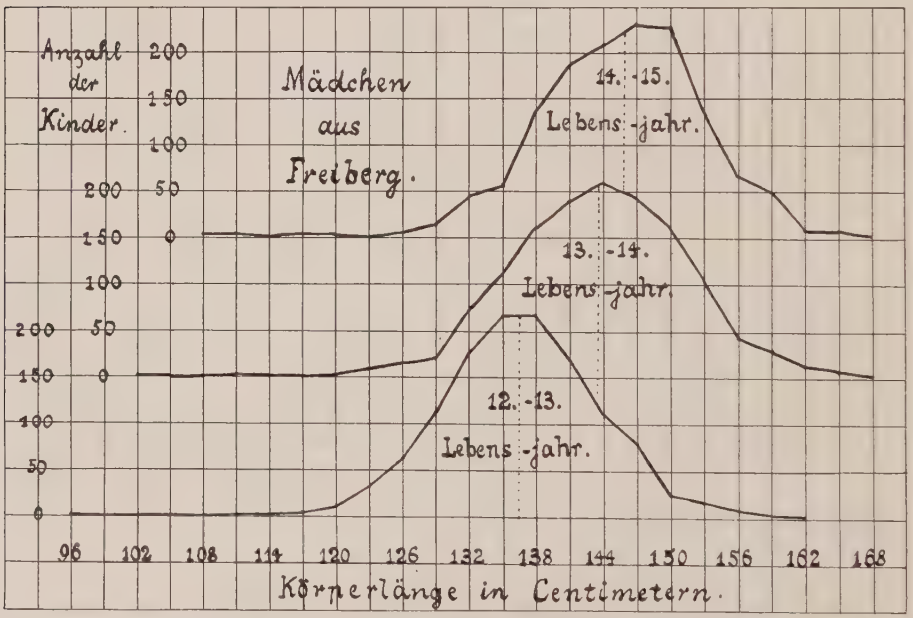


Fig. 24. Verteilungstafeln der Körperlängen von Freiberger Volksschülern. (Zusammengestellt nach Geißler, Medizinalrat und Uhlitzsch, Die Größenverhältnisse der Schulkinder im Schulinspektionsbezirk Freiberg. Zeitschr. d. Sächs. Statist. Bureaus. 1888.)

teilung der Körperlängen. Die Asymmetrie biologischer Verteilungen ist ja häufig recht gering, und es kommen natürlich ausnahmsweise auch Fälle absoluter Symmetrie vor.

Nun trat bei diesen Mädchen (normalerweise) im dreizehnten Lebensjahre eine Periode verstärkten Wachstums ein. Man sieht, wie bei den dreizehn- bis vierzehnjährigen die Asymmetrie schwach, bei den vierzehn- bis fünfzehnjährigen ganz deutlich auftritt. Das ist auch nicht schwer zu erklären. Nur wenn alle Kinder ganz gleichmäßig wachsen würden, müßte sich die symmetrische Kurve der zwölf- bis dreizehnjährigen ohne Formänderung auf der Wagerechten (der Abszisse) nach rechts schieben. Nun ist aber anzunehmen, daß einzelne Gruppen von Kindern (z. B. die bis dahin in der Entwicklung zurückgebliebenen) mit

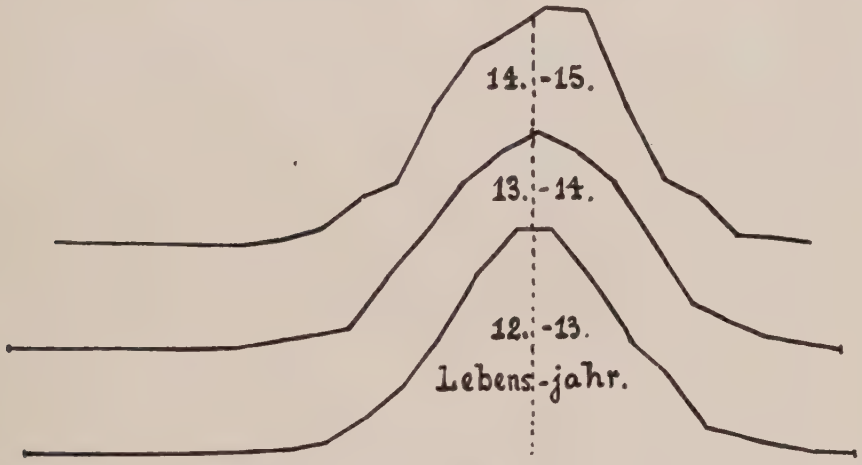
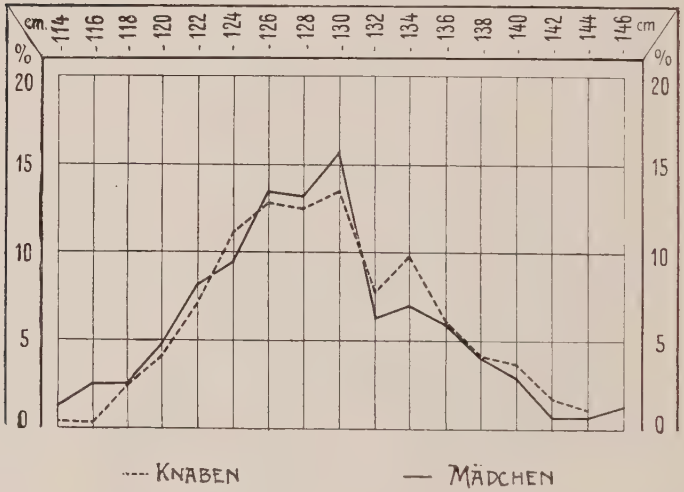


Fig. 25. Körperlänge der Freiberger Volksschüler vom 12.—15. Lebensjahre.

anderer Geschwindigkeit wachsen als die übrigen. Infolgedessen muß bei starkem Wachstum eine asymmetrische Verschiebung eintreten. Recht deutlich tritt diese in die Erscheinung, wenn wir die drei Kurven übereinander anordnen (Fig. 25)*). Die Asymmetrie der Verteilungen darf also im allgemeinen bei starkem Wachstum als verhältnismäßig groß angenommen werden. Es stimmt mit dieser Auffassung durchaus überein, daß die Mädchen vom zwölften bis dreizehnten Lebensjahre die geringste Zunahme während der ganzen Schulzeit aufweisen und daß zu derselben Zeit die Asymmetrie am geringsten war.

*) Diese Verhältnisse sind den Urhebern dieser Statistik aus dem Grunde unbekannt geblieben, weil sie a priori symmetrische Kurven voraussetzten. — Die Beachtung der Verschiebung der Asymmetrie durch Wachstum muß für alle Wissenschaften von Bedeutung sein, die sich mit der Entwicklung von Organismen befassen.

1016 Kinder. Beginn des 6. Jahres.



1014 Kinder. Ende des 10. Lebensjahres.

Fig. 26. Höhenwachstum von 1000 Kindern vom 6.—10. Lebensjahre (Verteilungstafeln).
(Aus Quirsfeld, Zur physischen und geistigen Entwicklung des Kindes während der ersten Schuljahre. Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege, 1905. Leopold Voß.)

2. Ausbreitung der Verteilung durch natürliches Wachstum.

In Figur 26 sehen wir die Verteilung der Körperlängen von etwa tausend Schulkindern beim Eintritt in die Schule und darunter dieselben Kinder fünf Jahre später. Die Asymmetrie der Kurve, die zuerst nach links neigte, hat sich nach rechts verschoben*).

Außerdem aber sehen wir, daß die Verteilung eine bedeutend breitere geworden ist. Bei den sechsjährigen reichte sie über 26 cm (100 bis 126), bei den zehnjährigen über 32 cm. Diese Verbreiterung der Verteilung ist als ein Zeichen normalen Wachstums anzusehen, kann doch jede Entwicklung von Lebewesen als eine fortschreitende Differenzierung aufgefaßt werden.

3. Verschiebung der Asymmetrie und Ausbreitung der Verteilung durch pädagogische Beeinflussung.

Wenn wir von der pädagogischen Beeinflussung fordern, daß sie sich an die natürliche Entwicklung des Menschen anschließt, also nicht etwa anormale Entwicklungsbedingungen schafft, sondern nur die natürlichen Bedingungen planvoll ausgewählt an die Gesamtheit der Individuen heranbringt, wobei aber jedem Individuum Gelegenheit gegeben sein muß, genau entsprechend seinen Anlagen sich weiterzubilden: so müssen wir erwarten, daß bei einer vernünftigen pädagogischen Beeinflussung im wesentlichen dieselben Erscheinungen — nur in abgeänderter Form und vielleicht in beschleunigtem Tempo — auftreten müssen, wie beim natürlichen Gang der Entwicklung. Wir müßten also beispielsweise die von uns beobachtete Verschiebung der Asymmetrie und die Ausbreitung der Verteilung auch hier feststellen können.

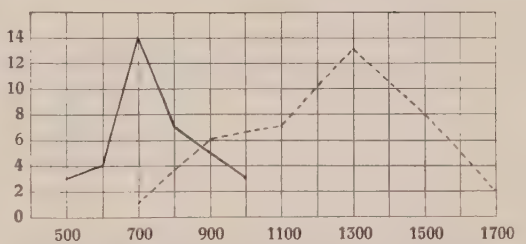


Fig. 27. Verteilungskurve der Leistung einer Schulklasse im Rechnen (Addieren einstelliger Zahlen) vor und nach systematischer Übung.

Die ausgezogene Kurve in Figur 27 zeigt die Verteilung der Leistung zwölf- bis dreizehnjähriger Leipziger Schulmädchen im Addieren einstelliger Zahlen. In je 25 Minuten wurden bis zu 500 richtige Ergebnisse erzielt von drei Schülerinnen, bis zu 600 bei vier u. s. f. (Man kann die weiteren Zahlen leicht aus der Kurve selbst ablesen.) Nun übte ich die Klasse durch mehrere halbstündige Lektionen systematisch für diese Leistung ein. Das Ergebnis sehen wir in der punktierten Linie.

*) Auch hier scheinen dem betreffenden Autor die Veränderungen in der Asymmetrie entgangen zu sein.

Unsre Erwartungen sind eingetroffen. Wir beobachten zunächst eine bedeutende Ausbreitung der Verteilung, sie ist genau verdoppelt, erst reichte sie von 500 bis 1000, jetzt von 700 bis 1700. Wenn sich diese Erfahrung durch weitere Untersuchungen bestätigt, so muß die Erscheinung als normal angesehen werden. Die Forderung der „gleichmäßigen Durchbildung" einer Klasse kann also, in extremer Weise verfolgt, zu sehr gefährlichen Konsequenzen führen. Eine solche „Vereinheitlichung" ist, wie wir aus dem der Biologie entnommenen Beispiel Figur 18 sehen, wohl möglich, aber eben nur durch Herstellung anormaler Lebensbedingungen, durch Entziehung des „natürlichen Lichtes". Und die Vereinheitlichung erfolgt dann in der Weise, daß nicht der Typus weiter entwickelt wird (der Mittelwert bleibt 5), sondern daß die reicher veranlagten Individuen durch mangelhafte Entwicklung auf die Norm herabgedrückt werden. Ist aber die wachsende Differenzierung mit zunehmendem Alter das Natürliche, so ergibt sich daraus als notwendige Forderung eine immer größere Differenzierung der Bildungsmöglichkeiten mit zunehmendem Alter.

Die Einführung der Förderklassen nach Mannheimer System ist in Deutschland der erste Ansatz zur Verwirklichung dieser Forderung auf dem Gebiete der Volksschule.

Ebenso deutlich tritt die Verschiebung der Asymmetrie hervor. Sollte diese Verschiebung allgemein in der Weise erfolgen wie hier, nämlich nach oben hin*), (der Dichtigkeitswert 1300 liegt dem Maximum 1700 näher als dem Minimum 700, während zuerst der Mittelwert 700 dem Minimum 500 näher lag), so wäre zu fordern, daß auf der Oberstufe ein verhältnismäßig großer Teil der Schwachen und nur ein kleiner Teil der Besten zu Sonderklassen zu vereinigen ist.

Wenn, wie wir behauptet haben, die mathematische Behandlung pädagogischer Probleme ganz allgemein unter Zugrundelegung der Theorie der Kollektivgegenstände zu erfolgen hat, so müßte auch wirklich in allen den Fällen, wo die Freiheit der Verteilung nicht künstlich beschränkt ist, die Verteilung auf Grund des Fehlergesetzes, und zwar als zweiseitige (asymmetrische) Verteilung erfolgen. Dafür soll noch ein Beispiel gegeben werden.

In Deutschland wird durch gesetzliche Vorschriften jede Altersklasse (etwa die dreizehn- bis vierzehnjährigen Mädchen) in einer besonderen Gruppe vereinigt, einige bleiben ein Jahr, andere mehrmals zurück und so würde als Verteilungskurve der dreizehnjährigen Mädchen eine ganz einseitige Kurve zu erwarten sein mit einem steilen Gipfel in der ersten Klasse, dann sehr rasch abfallend nach der zweiten, dritten und vierten. Bestände aber die natürliche Freiheit der Verteilung und des Aufrückens der Schüler nach ihren Fähigkeiten, so müßte auch in einem solchen Falle eine Verteilung nach dem zweiteiligen Gaußschen Gesetz zu erwarten sein.

In Amerika ist nun diese Freiheit wirklich vorhanden, und wir sehen in Figur 28 die Verteilung von 1334 Schulmädchen aus St. Louis**).

*) Untersuchungen über diese Frage liegen bisher nicht vor.
**) Townsend Porter, a. a. O.

Von den Schülerinnen befanden sich in der 1. Klasse, der niedrigsten Stufe, sechs Schülerinnen, in der 2. Klasse einundvierzig usw., wie die folgende Tabelle angibt:

Klassen	Zahl der Schülerinnen
I	6
II	41
III	129
IV	363
V	331
VI	300
VII	121
VIII	37
High School	6
	Sa. 1334

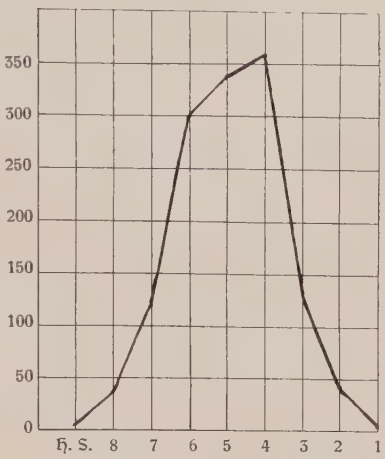


Fig. 28. Verteilung von 1334 dreizehnjährigen Mädchen aus St. Louis in Schulklassen (grades). (Zusammengestellt nach Townsend Porter. Zeitschr. f. Ethnologie, 1893.)

Die Kurve gibt das Bild einer ganz regelmäßigen asymmetrischen Verteilung. Je mehr aber (bei genügender Anzahl der Einzelbeobachtungen) eine solche Verteilung sich dem Gaußschen Gesetz annähert, desto sicherer darf man annehmen, daß die Verteilung eine „natürliche" ist*). —

Da die Asymmetrie der Verteilung für die Kinderpsychologie und Pädagogik eine wesentliche Erscheinung ist, so darf sie namentlich bei statistischen Massenerhebungen nicht vernachlässigt werden.

*) Eine große Anzahl von Verteilungen für verschiedene Leistungen der Kinder in der Schule teilt Thorndike mit. (Thorndike, E., Educational Psychology, Lemcke & Büchner, New-York 1903.)

B. Empfindungsmessung.

I. Die psychischen Maßmethoden.

1. Die Möglichkeit exakter Messungen in der Kinderpsychologie und Pädagogik.

Jeder Lehrer erteilt Zensuren, er zensiert etwa die Aufmerksamkeit des Schülers. Er ordnet damit die Größe einer psychischen Leistung in ein Maßsystem ein und liefert dadurch den Beweis, daß die naive Auffassung die Möglichkeit einer Messung psychologischer Vorgänge als selbstverständlich voraussetzt. Derartige Maßbestimmungen haben aber zwei große Mängel: Erstens sind sie außerordentlich ungenau und zweitens sind die von verschiedenen Lehrern gelieferten Maßbestimmungen (Zensuren) unvergleichbar, sie haben nur individuelle, nicht allgemeine Geltung. Darum hat die gewaltige Arbeit, die von den vielen Tausenden von deutschen Lehrern am Jahresschluß bei der Zensurverteilung geleistet wird, für die wissenschaftliche Pädagogik absolut keinen Fortschritt bringen können.

Ließen sich jedoch exakte und vergleichbare Zahlen gewinnen, so könnte die Pädagogik an die Lösung von Aufgaben herangehen, deren Bearbeitung heute einfach unmöglich ist. Läßt sich z. B. eine Methode finden, mit der jeder Lehrer in gleicher Weise die Gedächtniskraft seiner Schüler zahlenmäßig beschreiben kann, so wäre es möglich, die Größe des Gedächtnisses auf allen Altersstufen genau zu messen und zu vergleichen. Wenn man dieselben Messungen nach 50 und 100 Jahren wieder anstellte, so ließe sich zeigen, ob bei den nachfolgenden Geschlechtern das Gedächtnis größer oder geringer ist, genau so, wie wir heute anzugeben wissen, ob unsere Athleten kräftiger und schneller sind als die Sieger der griechischen Wettspiele. Ja, es ließe sich dann der Wert pädagogischer Maßnahmen — etwa der Einführung von Förderklassen — auf die Entwicklung des Gedächtnisses direkt und einwandfrei nachweisen, wenn nur vor und nach Einführung der pädagogischen Reform eine genügende Anzahl von Messungen ausgeführt wurde.

Es erhebt sich also zunächst die außerordentlich wichtige Frage nach der Möglichkeit einer exakten Messung psychologischer Größen*).

*) Vgl. Lipps, G. F., Die psychischen Maßmethoden; Müller, G. E., Die Gesichtspunkte und die Tatsachen der psychophysischen Methodik; Külpe, O., Grundriß d. Ps.; Wundt, Grundzüge der physiol. Ps. Bd. I; viele Einzelarbeiten in den Philosophischen Studien, herausgegeben von Wundt und in der Zeitschrift für Psychologie, herausgegeben von Ebbinghaus.

In der Physik unterscheiden wir eine direkte und indirekte Messung. Eine direkte Messung liegt beispielsweise dann vor, wenn wir die Länge eines Stabes dadurch bestimmen, daß wir ein Metermaß an ihn anlegen und daran die betreffende Maßzahl ablesen. Wir messen hier Längen mit Längen. Anders wenn wir die Temperatur bestimmen. Wir haben kein direktes Wärme„meter". Vielmehr messen wir die Wärme an der Ausdehnung, die sie auf eine Quecksilbersäule ausübt, also an einer ganz andern Größe. Aus diesem Grunde können wir auch durchaus nicht sagen, daß es heute „noch einmal so warm" oder „halb so warm" sei, wie gestern: es ist heute „wärmer" oder „kälter". Es ist nun ohne weiteres klar, daß wir psychologische Größen, also etwa Empfindungen, nicht direkt messen können. Das setzte ja voraus, daß wir ein aus abgeteilten Empfindungen bestehendes Maß, ein „Empfindungsmeter" hätten, das man aufbewahren und mit dem man jederzeit eine Empfindung nachmessen könnte.

Eine indirekte Messung aber ist möglich. Ich kann die Empfindungen an den Reizen messen, durch die sie hervorgerufen werden. Ich kann z. B. von einer Lichtempfindung sagen: das ist die Empfindung, die entsteht, wenn ich *eine* Kerze brennen sehe; und hier habe ich eine Empfindung, die bei mir entsteht, wenn 1000 Kerzen brennen. Damit habe ich nun ja eigentlich noch nichts gewonnen. Vergleiche ich z. B. die beiden Empfindungen, so kann ich höchstens sagen, ob die eine größer ist als die andere, ich weiß aber nicht, ob sie 1000 mal oder bloß 2 mal oder vielleicht 10 000 mal so groß ist. Von einem wirklichen Messen ist also nicht die Rede.

Insbesondere ist auch ein Vergleich der einzelnen Individuen (worauf es uns doch z. B. in der Pädagogik oft ganz besonders ankommen wird) bei einer solchen Messung absolut unmöglich. Wir wissen nur, daß sowohl beim Beobachter A wie beim Beobachter B die Empfindung beim Brennen von 1000 Kerzen stärker ist, als wenn nur eine Kerze angezündet war, ob aber die einkerzige Empfindung bei A derjenigen bei B gleich ist oder größer, also etwa der 1000kerzigen des A entspricht, darüber läßt sich nichts ausmachen. Wir werden aber bald sehen, daß es bestimmte Fälle doch gibt, die eine Vergleichung der Individuen ermöglichen.

2. Anwendungsgebiete der psychischen Maßmethoden.

a) Bestimmung von Reizschwellen.

In besonderen Grenzfällen ist es möglich, die Schwierigkeiten zu beseitigen, die im vorigen Abschnitt beschrieben sind. Ich kann z. B. fragen, welcher geringste Reiz, z. B. welche geringste Lichtmenge, gerade genügt, um überhaupt noch eine Empfindung bei dem Beobachter A oder B hervorzurufen. Diesen Reiz bezeichnet man als die Reizschwelle. Ebenso kann ich die Reizhöhe bestimmen, d. h. ich kann z. B. fragen, bei wieviel Kerzen haben A oder B ihre stärkste Lichtempfindung, derart, daß die Hinzufügung weiterer brennender Kerzen keine Veränderung, resp. Steigerung ihrer Empfindung mehr bewirkt. Die Unter-

suchung der Reizhöhen ist aus praktischen Gründen (namentlich auch bei Kindern!) nicht zu empfehlen, weil durch das Einwirken von sehr hellem Licht oder sehr starken Tönen leicht eine Schädigung des Sinnesorgans eintritt. Die Reizschwelle dagegen ist auch bei Kindern feststellbar, und sie führt nun zu vergleichbaren Zahlen. Hat das eine Kind schon bei einer sehr geringen Helligkeit eine Lichtempfindung, so kann ich sagen, daß es eine größere Lichtempfindlichkeit besitzt als ein anderes, bei dem ich einen stärkeren Lichtreiz anwenden muß, damit eine Lichtempfindung eintritt.

Will man die Reizschwelle für die Intensität (Helligkeit) oder Qualität (Farbenton oder Farbensättigung) einer Lichtempfindung untersuchen, so bedient

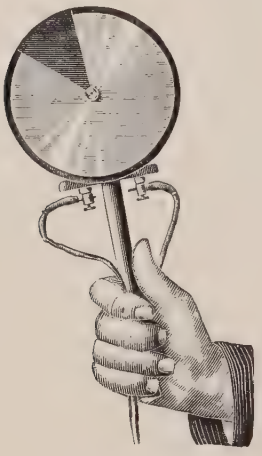


Fig. 29. Farbkreisel.

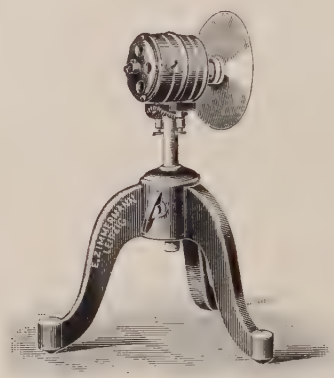


Fig. 30. Farbkreisel mit Stativ.

man sich des in Figur 29 und 30*) dargestellten Farbkreisels, der (mit Hilfe eines Akkumulators oder drei bis vier Trockenelementen) durch einen kleinen Elektromotor getrieben wird und der auf einem Stativ ruht (Fig. 30), durch eine Tischklemme am Tisch befestigt oder (bei Demonstrationen) während der Rotation bequem herumgezeigt werden kann (Fig. 29). In Figur 31 sehen wir ein Kind vor dem Apparat zur Untersuchung der Reizschwelle.

Auf dem Farbkreisel befindet sich hier eine große graue Scheibe, die in Figur 32 von vorn abgebildet ist. Sie hat einen radialen Einschnitt, der bis zur Mitte reicht, so daß man eine kleinere, farbige (etwa rote) Scheibe in sie einschieben kann. Läßt man diese Scheibe nur um wenige Grade der Kreisteilung vorstehen, so erscheint die ganze Scheibe, auch der innere Kreis, in gleichmäßigem Grau. Bestimme ich nun, wieviel Grad Rot ich zusetzen muß, um

*) Die Abbildungen sind, wie viele andere, dem Kataloge der Firma E. Zimmermann, Leipzig, entnommen. Die betreffenden Abbildungen tragen den Namen der Firma.

Fig. 31. Untersuchung der Reizschwelle für Farben.

eben zu merken, daß der innere Kreis eine Spur von Rot zeigt, so habe ich die Reizschwelle für die betreffende Rotempfindung gefunden. (In Figur 31 sieht man die zum Messen der Gradanzahl auf den Farbkreisel aufgesetzte Gradeinteilung.)

b) Bestimmung von Unterschiedsschwellen.

In Figur 33 sehen wir zwei Farbscheiben. Die erste ist gemischt aus 180° Blau und 180° Grau. Beim Drehen der Scheibe wird sich ein bestimmtes Blau ergeben. Bei der zweiten Scheibe ist etwas mehr Blau zugesetzt. Ich kann nun untersuchen, wieviel Blau (in Graden) man zusetzen muß, damit sich das zweite Blau gerade noch vom ersten unterscheidet. Diese Größe gibt die Unterschiedsempfindlichkeit an.

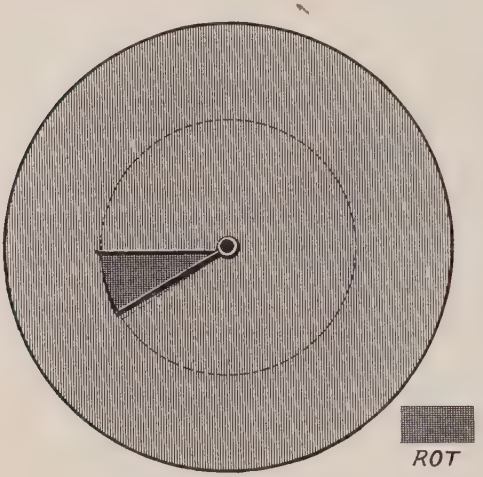


Fig. 32. Farbſcheibe zur Unterſuchung der Reizſchwelle für Farben.

Die Beſtimmung der Unterſchiedsſchwelle iſt meiſt viel wichtiger als die der Reizſchwelle. Will ich z. B. unterſuchen, ob ein Kind muſikaliſch iſt oder nicht, ſo könnte ich die Reizſchwelle beſtimmen, indem ich feſtſtelle, wieviel Schwingungen (16 oder mehr) ein Ton in der Sekunde haben muß, damit er als „Ton" erkannt wird. Viel wichtiger aber wird es ſein, feſtzuſtellen, wieviel Schwingungen ich bei einem Tone mittlerer Lage zuſetzen muß, um die beiden Töne als verſchieden zu erkennen. Die muſikaliſche Begabung wird in der Unterſchiedsempfindlichkeit in den allermeiſten Fällen ihren deutlichen Ausdruck finden.

c) Beſtimmung äquivalent erſcheinender Reize.

Bis jetzt ſind wir bei der Unterſuchung ſo vorgegangen, daß wir einen Reiz ſo lange änderten, bis gewiſſe Änderungen in der Empfindung eintraten, im erſten Falle, bis überhaupt eine Empfindung zu konſtatieren war (Reizſchwelle), im zweiten, bis eine beſtimmte Empfindung ſich von einer andern verſchieden zeigte (Unterſchiedsſchwelle).

Ich kann aber auch umgekehrt die Frage aufwerfen, unter welchen Bedingungen zwei verſchiedene Reize zwei Empfindungen hervorrufen, die nach einer

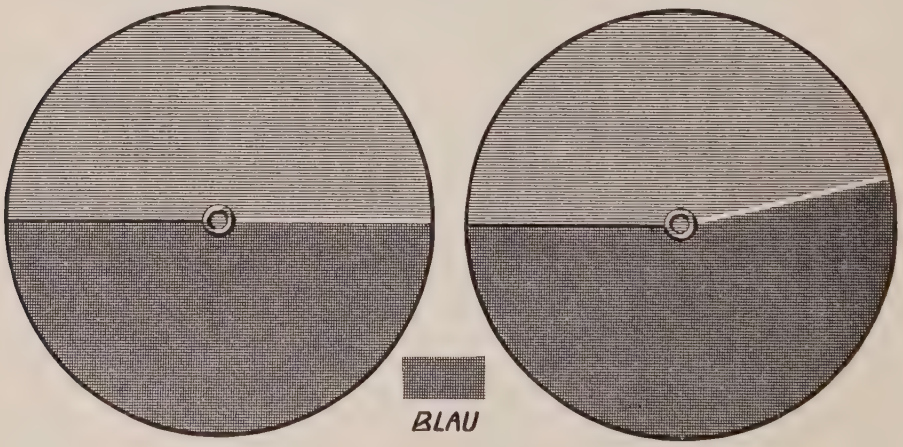


Fig. 33. Farbſcheiben zur Unterſuchung der Unterſchiedsempfindlichkeit für Farben.

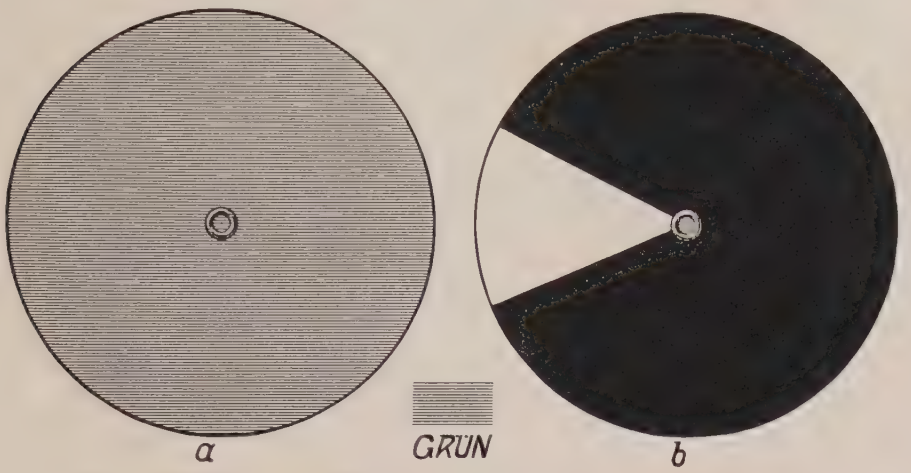


Fig. 34. Farbscheiben zur Untersuchung äquivalent erscheinender Reize. (Farbe und Helligkeit.)

bestimmten Richtung hin als gleich erscheinen. Als völlig gleich werden sie ja nie erscheinen; denn selbst wenn es sich etwa um zwei Linien handelt, die für meine Schätzung gleich groß sind, so sind die beiden Empfindungen doch insofern verschieden, als die eine Linie oben oder unten, rechts oder links von der andern liegt usw. Also nur nach einer Richtung hin kann ich zwei Empfindungen als gleich bezeichnen. Mit anderm Wort: Zwei verschiedene Reize können Empfindungen erzeugen, die in bestimmtem Sinne als gleichwertig, als äquivalent erscheinen.

Ich vergleiche z. B. (Fig. 34) eine grüne Scheibe a mit einer grauen b, wobei ich das Grau aus einer Mischung von Weiß und Schwarz herstelle. Ich ändere nun durch Verschiebung des weißen Sektors das Grau so lange, bis die grüne und die graue Scheibe mir gleich hell erscheinen. Nun ist in bezug auf die Helligkeit Äquivalenz, Gleichwertigkeit, eingetreten.

d) Bestimmung äquivalent erscheinender Unterschiede.

Ähnlich liegt der Fall bei Figur 35. Wir erhalten hier beim Drehen der Scheibe in der Mitte einen schwarzen Kreis, außen einen weißen Ring und

Fig. 35. Farbscheibe zur Untersuchung äquivalent erscheinender Unterschiede.

in der Mitte einen grauen. Ich kann nun die Aufgabe stellen, das mittlere Grau durch Verstellung der Sektoren so lange zu ändern, bis nach meiner Schätzung das entstehende Grau seiner Helligkeit nach gerade in der Mitte zwischen dem Schwarz und Weiß liegt. Meiner Empfindung nach ist dann der Unterschied zwischen dem von mir bestimmten Grau bis zum Weiß gleichwertig dem vom Grau zum Schwarz. Es handelt sich hier also um die Bestimmung äquivalent (gleichwertig) erscheinender Unterschiede. —

Für kinderpsychologische und pädagogische Untersuchungen wird man sich der Einfachheit halber auf die Bestimmung von Reizschwellen und Unterschiedsschwellen beschränken.

3. Die drei psychischen Maßmethoden.

a) Die Herstellungsmethode.

Zur genaueren Bestimmung der Reizschwelle für Farbentöne wollen wir uns eines Farbkreisels bedienen, bei dem *während der Rotation* der rote Sektor durch Drehen an einer Schraube vergrößert oder verkleinert werden kann*).

Es erhebt sich nun zunächst die Frage, auf welche Weise das Vergrößern oder Verkleinern des roten Sektors erfolgen soll. Das Einfachste ist, ich überlasse das der Versuchsperson. Sie mag selbst so lange an der Schraube hin- und herdrehen, bis sie an eine Stelle kommt, wo sie sagt, daß der mittlere Kreis gerade eben noch rot aussehe. Diese Methode ist als Herstellungsmethode bezeichnet worden, weil die Versuchsperson selbst den betreffenden Reiz herstellt.

Die Nachteile der Herstellungsmethode liegen auf der Hand. Wir werden ganz andere Resultate erhalten, wenn die Versuchsperson hastig hin- und herprobiert, als wenn sie langsam und ruhig verändert. Und, was das Schlimmste ist, wir werden aus den erhaltenen Zahlen gar nicht ersehen können, wie die Versuchsperson vorgegangen ist. Die eine hat vielleicht immer mit einem zu kräftigen Rot angefangen, die andere immer mit einem zu schwachen. Unsere Zahlen sagen nichts davon.

So ist die Herstellungsmethode tatsächlich die „unmethodischste" der psychischen Maßmethoden. Für kinderpsychologische Untersuchungen ist sie nicht zu brauchen.

b) Die Grenzmethode**).

Untersuchung der Reizschwelle nach der Grenzmethode. In dem Rotationsapparat war eine große graue und eine kleine grüne Scheibe befestigt. Ich drehte die Schraube so, daß 10^0 des Grün zu sehen waren. Ein neunjähriges Mädchen, das ich untersuchte, gab beim Drehen der Scheibe das Urteil ab: „Alles grau." Während der Rotation drehte ich nun die Schraube

*) Ein solcher Apparat ist von Prof. Marbe konstruiert worden.

**) Die Grenzmethode heißt bei Wundt die Methode der Minimaländerungen. Die Bezeichnung Grenzmethode stammt von Kraepelin.

rasch auf 11°. Es blieb: „Alles grau." Jetzt schraubte ich auf 12, 13, 14, 15, 16°. Immer dasselbe Urteil. Bei 17° erfolgte das Urteil: „In der Mitte etwas grün." Die 17 notierte ich als Schwelle beim aufsteigenden Verfahren.

Ich drehte nun auf 19, dann auf 22, dann auf 25°, bis ich merkte, daß die Empfindung grün „übermerklich", d. h. also recht deutlich merklich war, so daß keine Täuschung mehr möglich war. Nun begann ich ein absteigendes Verfahren. Ich ging von 23° jedesmal einen Grad abwärts. Bei 17 erfolgte zum ersten Male das Urteil: „Alles grau."

Ich wiederholte nun das aufsteigende Verfahren und das absteigende noch dreimal und kam zu folgenden Zahlen:

	aufsteigendes Verfahren	absteigendes Verfahren
1. Versuch	17°	17°
2. „	16°	16°
3. „	16°	17°
4. „	18°	17°.

Die erste Zahlenreihe (aufsteigendes Verfahren) gibt uns an, wann die Grünempfindung eben auftauchte, die zweite Reihe (absteigendes Verfahren), wann sie eben unmerklich wurde. Wir können annehmen, daß die wirkliche Reizschwelle zwischen beiden Zahlen liegen muß und nehmen also aus allen acht Zahlen das arithmetische Mittel. Dieses war zufällig beim aufsteigenden und absteigenden Verfahren gleich, was sonst meist nicht der Fall ist. Das Mittel beträgt in unserm Falle 16,75. Danach berechnen sich die Fehler der einzelnen Beobachtungen wie folgt:

	aufsteigendes Verfahren	absteigendes Verfahren
1. Versuch	0,25°	0,25°
2. „	0,75°	0,75°
3. „	0,75°	0,25°
4. „	1,25°	0,25°
	Sa. 3,00°	1,50°.

Werfen wir alle Versuche zusammen, so erhalten wir bei acht Versuchen im ganzen 4,50° Fehler. Also beträgt nach der Seite 18 angegebenen einfachsten Formel der mittlere Fehler (oder die mittlere Variation)

$$m F = \frac{\Sigma \Delta}{n} = \frac{4{,}5}{8} = 0{,}5625°.$$

Der mittlere Fehler ist übrigens hier beim auf- und absteigenden Verfahren wesentlich verschieden, was aber jedenfalls nur von der geringen Anzahl der Versuche herrührt.

Damit haben wir die Grenzmethode beschrieben, welche also darauf hinausläuft, in gleichmäßigen Schritten der Grenze zuzuschreiten, wo die Empfindung eben auftritt und wo sie eben verschwindet.

Hat man sehr viel Versuche angestellt, so ist es möglich, die Zahlen des aufsteigenden und des absteigenden Verfahrens gesondert zu behandeln, auch als Mittelwert nicht das arithmetische Mittel, sondern den häufigsten Wert (das Dichtigkeitsmittel) zu nehmen, doch wird eine derartige Behandlung meist wenig fruchtbar sein, darum ist für pädagogische Untersuchungen die einfachere Behandlung in diesem Falle vorzuziehen. Nur berechnet man den mittleren Fehler oder die mittlere Variation besser nach der Seite 18 angegebenen Formel:

$$\mathrm{m\,F} = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{\mathrm{n} - 1}}.$$

Das wäre in unserm Falle:

$$\mathrm{m\,F} = \sqrt{\frac{0{,}25^2 + 0{,}75^2 + 0{,}75^2 + 1{,}25^2 + 0{,}25^2 + 0{,}75^2 + 0{,}25^2 + 0{,}25^2}{7}}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{2}} = 0{,}7.$$

Der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Beobachtung wäre demnach nach Seite 18:

$$\mathrm{w\,F} = 0{,}6745 \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{\mathrm{n}-1}} = 0{,}6745 \cdot 0{,}7 = 0{,}47.$$

Gibt man nicht die Anzahl der Versuche an, so darf man nicht versäumen, den wahrscheinlichen Fehler des arithmetischen Mittels zu bestimmen, nach der ebenfalls auf Seite 18 angegebenen Formel:

$$\mathrm{w\,F_m} = \frac{\mathrm{w\,F}}{\sqrt{\mathrm{n}}} = \frac{0{,}47}{\sqrt{8}} = 0{,}17.$$

Für alle pädagogischen Untersuchungen wird es genügen, das arithmetische Mittel, die mittlere Variation $\left(\sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{\mathrm{n} - 1}}\right)$ und den wahrscheinlichen Fehler des arithmetischen Mittels $\left(\frac{0{,}6745}{\sqrt{\mathrm{n}}} \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{\mathrm{n} - 1}}\right)$ mitzuteilen.

Untersuchung der Unterschiedsschwelle nach der Grenzmethode. Die Untersuchung von Unterschiedsschwellen erfolgt in ganz analoger Weise. Ich vergleiche zwei Farbscheiben (Fig. 33) und beginne mit dem Fall, wo bei der zweiten Scheibe soviel Blau mehr ist, daß der Unterschied deutlich ist. Nun gehe ich (wieder etwa gradweise) abwärts, bis beide Scheiben sich nicht mehr unterscheiden. Damit habe ich im absteigenden Verfahren den eben un-

merklichen Unterschied. Ich steige nun wieder aufwärts, bis eben eine Unterscheidung möglich ist: Da habe ich (im aufsteigenden Verfahren) den eben merklichen Unterschied. Diese Versuche kann ich nun wiederholen und arithmetisches Mittel, mittlere Variation und wahrscheinlichen Fehler berechnen: alles wie bei der Reizschwelle. Damit ist aber nur die Hälfte der Arbeit getan. Denn ich habe bis jetzt offenbar nur die obere Unterschiedsschwelle (U_o) bestimmt. Um nun auch die untere Unterschiedsschwelle (U_u) zu finden, muß ich bei der zweiten Farbscheibe den blauen Sektor soviel verkleinern, daß die Scheibe deutlich weniger blau erscheint als die erste. Nun muß ich aufwärts gehen, bis die beiden Blau gleich erscheinen u. s. f., genau wie bei der oberen Unterschiedsschwelle. Aus oberer und unterer Schwelle ziehe ich das Mittel und habe nun die mittlere Unterschiedsschwelle (U_m).

Der Einfachheit halber verbindet man gewöhnlich beide Verfahrungsweisen, geht also von einem deutlich zu großen Reize abwärts, bis Gleichheit eintritt (eben unmerklicher Unterschied von U_o), dann weiter nach abwärts, bis eben der zweite Reiz kleiner erscheint (eben merklicher Unterschied von U_u). Nun gehe ich noch ein Stück abwärts, bis der Unterschied deutlich wird, und es folgt jetzt das aufsteigende Verfahren, bis wieder beide Reize gleich erscheinen (eben unmerklicher Unterschied von U_u) und weiter, bis der zweite größer erscheint (eben merklicher Unterschied von U_o). Nach vielfacher Wiederholung des ganzen Verfahrens berechne ich zunächst die obere Unterschiedsschwelle, indem ich aus sämtlichen eben merklichen und eben unmerklichen Unterschieden der oberen Schwelle das arithmetische Mittel ziehe, die mittlere Variation und den wahrscheinlichen Fehler bestimme (alles genau wie bei der Reizschwelle). Und nun stelle ich dieselbe Berechnung für die eben merklichen und eben unmerklichen Unterschiede der unteren Schwelle an. Aus den beiden Schwellenwerten (U_o und U_u) ziehen wir die Mitte und haben die mittlere Unterschiedsschwelle (U_m) oder kurz die Unterschiedsschwelle (U).

c) Die Konstanzmethode.

Die genauesten Resultate gibt die Konstanzmethode. Sie legt ebenso wie die Grenzmethode der Versuchsperson eine Anzahl gradweiser Abstufungen zur Beurteilung vor. Nur werden die Abstufungen nicht der Reihe nach, sondern in buntem Wechsel dargeboten. Die Versuchsperson gibt dann die Urteile: „Größer", „kleiner" oder „gleich" ab.

Die Art, wie aus den bei der Anwendung der Konstanzmethode gewonnenen Zahlen die entsprechenden Werte zu berechnen sind, hat zu langwierigen Diskussionen Anlaß gegeben. Namentlich herrscht Streit darüber, wie die Gleichheitsfälle zu verrechnen sind. Da es nun nicht wünschenswert ist, daß sich diese Erörterungen auch bei den Untersuchungen der Kinderpsychologie und Pädagogik wiederholen, so ist auch die Konstanzmethode hier weniger zu empfehlen, zumal sie meist große Anforderungen an die Ausdauer der Versuchspersonen stellt.

Es ist demnach für die Untersuchungen der Kinderpsychologie und Pädagogik die Grenzmethode am meisten zu empfehlen. —

Aus der Anwendung der drei psychischen Maßmethoden auf die vier Gebiete der Empfindungsmessung (vgl. S. 37–42) ergeben sich zwölf einzelne Fälle. Da wir aber für die Kinderpsychologie nur die Grenzmethode empfehlen und als Anwendungsgebiete nur die Untersuchung von Reizschwelle und Unterschiedsschwelle, so bleiben nur diese zwei Fälle übrig: Untersuchung der Reizschwelle nach der Grenzmethode und der Unterschiedsschwelle nach der Grenzmethode. Beide sind schon beschrieben.

4. Bedeutung der gewonnenen Zahlen.

Bei der Untersuchung des neunjährigen Kindes kamen wir zu folgenden Zahlen:

Empfindlichkeit für die Sättigung einer grünen Farbe . .	16,75°
Mittlere Variation	0,56
Wahrscheinlicher Fehler der Unterschiedsschwelle	0,17.

a) Die Empfindlichkeit.

Was sagen uns die gewonnenen Zahlen? Für sich genommen bedeuten sie nichts. Die Zahl 17 (für die Empfindlichkeit) sagt mir eben nur, daß ich 17° Grün und 343° Grau mischen muß, um ein Grün zu erhalten, das eben noch bemerkt wurde. Aber diese Zahl gewinnt sofort an Bedeutung, wenn ich andre Zahlen zum Vergleich habe, die unter genau denselben Bedingungen gewonnen worden sind.

Ich gebe noch einmal die Einzelergebnisse bei der Untersuchung des Kindes an und stelle daneben genau dieselbe Untersuchung einer 60jährigen Frau (die übrigens als Frau eines Zeichenlehrers und Mutter eines Kunstmalers mit Farben wohl Bescheid weiß).

	Frida L., 9 Jahre		Frau N., 60 Jahre	
	aufsteigendes Verfahren	absteigendes Verfahren	aufsteigendes Verfahren	absteigendes Verfahren
1. Versuch	17°	17°	25°	29°
2. „	16°	16°	27°	30°
3. „	16°	17°	26°	29°
4. „	18°	17°	28°	29°.

Hier zeigt sich nun deutlich, daß das neunjährige Kind der 60jährigen Frau überlegen, und zwar bedeutend überlegen ist, nicht bloß in der Feinheit der Empfindlichkeit (17° gegen 28°), sondern auch wegen der geringen Schwankungen des Urteils. Ich fürchtete fast, das Kind habe nur geraten, etwa bei dem abwechselnden Auf- und Absteigen immer nach einer bestimmten Anzahl Versuchen wieder einmal „Grün" gesagt. Darum stellte ich eine neue Untersuchung bei ganz unwissentlichem Verfahren mit vier Farben an. Das Kind wußte nicht,

welche Farbe überhaupt erscheinen würde. Der Kreisel wurde verdeckt, in Rotation versetzt, jetzt erst dem Kinde gezeigt und nun allmählich die betreffende Farbe zugesetzt*). Ich untersuchte unter genau denselben Umständen wieder das Kind und Frau N., ferner Frau Le., die Mutter des Kindes (40 Jahre) und Herrn Li. (Zeichenlehrer, ca. 40 Jahre). Ich erhielt folgende Resultate:

	Frida Le.	Frau Le., Mutter des Kindes	Frau N., (60 Jahre)	Herr Li., (40 Jahre)
Purpur	10^0	9^0	18^0	5^0
Blau	10^0	11^0	17^0	5^0
Rot	7^0	7^0	13^0	8^0
Grün	10^0	10^0	18^0	8^0.

Zunächst ist auffällig, daß bei allen Versuchspersonen die Reizschwelle im unwissentlichen Verfahren nicht, wie man erwarten sollte, gröber, sondern feiner erscheint. Das mag daher kommen, daß man beim wissentlichen Verfahren durch die häufige Wiederkehr derselben Farbe allmählich für diese Farbe ermüdet, vielleicht auch stellt sich dabei nach und nach eine gewisse Unsicherheit des Urteils ein.

Der Vergleich der Reizempfindlichkeit des Kindes mit der von Frau N. ergibt, daß das Verhältnis fast genau dasselbe geblieben ist, dort 17 : 28, hier 9 : 16. Auch bei dieser Untersuchung zeichnet sich das Kind durch eine hervorragende Gleichmäßigkeit des Urteils aus. (Die Zahl 7^0 bei Rot rührt offenbar von einem „konstanten" Fehler her, da die Empfindlichkeit aller Versuchspersonen, ausgenommen Li., bei Rot sehr geringe Werte zeigt. In der Tat stimmte, wie eine genauere Prüfung zeigte, dieses Rot mit dem verwendeten Grau in der Helligkeit nicht genau überein.)

Man sieht also, daß bei diesem Kinde die ganz exakten Methoden der Psychologie mit sehr gutem Erfolge anwendbar sind. Wundt hat sich wiederholt gegen die Anwendung der experimentellen Methoden in der Kinderpsychologie erklärt, und diese Erklärung ist von Pädagogen vielfach mißverstanden worden. Wundt meint offenbar die Psychologie der eigentlichen Kindheit, also der ersten Lebensjahre**), während er die Anwendbarkeit der experimentellen Methode bei Schulkindern ausdrücklich für möglich erklärt. Will man aber auf dieser Stufe nun einmal von den Mitteln der experimentellen Methode Gebrauch machen, so soll man auch möglichst exakte Methoden anwenden. Man hat sich zur Untersuchung der Farbenempfindlichkeit von Schulkindern z. B. der Benennungsmethode bedient, indem man Farbtäfelchen mit verschiedenen Farbtönen benennen ließ, oder der Deckungsmethode, indem man das Kind aufforderte, die gleichen Tafeln aufeinander zu decken. Mit diesen rohen Methoden wird wenig zu erreichen sein. Wenn man sich daran erinnert, daß die Lichtempfindlichkeit der japanischen Maus mit $^1/_{10}$ bestimmt worden ist***), so möchte es fast den Anschein erwecken, als

*) Es konnte hier natürlich nur das aufsteigende Verfahren angewendet werden.

**) Vgl. Wundt, Grundriß der Psychologie, 7. Aufl., Engelmann, Leipzig 1905, S. 364.

***) In Figur 36 sehen wir, wie in der Tierpsychologie derartige Untersuchungen geführt werden.

ob japanische Mäuse zuverlässigere oder interessantere Versuchsobjekte seien als unsre Schulkinder*).

Bei unserm Versuche handelte es sich übrigens, wie nicht vergessen sein soll, um die Bestimmung der Empfindlichkeit für die Farbensättigung, nicht für den Farbenton. Um die letztere zu untersuchen, müßte man eine Farbe allmählich in die im Spektrum nächstliegende Farbe überführen, bis ein Unterschied bemerkt wird. Dann hätte man die Unterschiedsempfindlichkeit für den betreffenden Farbenton. —

Höchst auffällig ist die große Übereinstimmung der Zahlen bei Mutter und Kind. Natürlich dürfen wir den einzelnen Fall nicht verallgemeinern, da aber umfangreichere zuverlässigere Untersuchungen nicht vorliegen, so muß man doch die Frage stellen, ob wirklich die Farbenempfindlichkeit bei Kindern, wie allgemein angenommen wird, erheblich geringer ist als bei Erwachsenen. Wäre das nicht der Fall, so müßte angenommen werden, daß den Kindern lediglich die Farbennamen fehlen. Die Pädagogik müßte dann mit dieser Tatsache rechnen und noch viel mehr als bisher, auch schon auf der Unterstufe, den Farbensinn der Kinder pflegen. —

Die Vergleiche zwischen Erwachsenen und Kindern haben vermutlich oft deshalb zu falschen Schlüssen geführt, weil man die an Schulkindern — meist aus den mittleren oder unteren Gesellschaftsklassen — gewonnenen Zahlen ohne weiteres mit den Zahlen verglich, die man in den Laboratorien, an Studenten und Professoren, also an Personen der höheren Klassen, erhielt. Man muß aber bei diesen Vergleichen selbstverständlich in derselben Gesellschaftsklasse bleiben. Besonders verlockend müßte es sein, jedesmal die Eltern der betreffenden Kinder mit zu untersuchen. Besonders wäre das von Interesse bei exzeptionell beanlagten Kindern, da für die Theorie der Vererbung hierbei wichtige Aufschlüsse zu erwarten sind. Mancher Landlehrer, der mehrere Geschlechter derselben Familien an sich vorüberziehen sieht, könnte sich ein dauerndes Verdienst um die Wissenschaft erwerben, wenn er eine solche einfache Untersuchung viele Jahre hindurch an denselben Kindern und Erwachsenen derselben Familien durchführte. Es handelt sich für die experimentelle Pädagogik weniger um das rasche Gewinnen blendender Resultate, sondern vielmehr um jahrelange, zuverlässige Arbeit, um einzelne Teilfragen mit Sicherheit entscheiden zu können.

Wäre eine solche Untersuchung vorhanden, so könnten wir behaupten: Die Knaben der sechsten Klasse etwa zeigen dieselbe Farbenempfindlichkeit wie die Mädchen der achten Klasse, und wenn dann Farben- (und Formen-)sinn bei Knaben und Mädchen erforscht wäre, so müßte eine Reform des Zeichenunterrichts auf diesem Grunde aufbauen. Heute aber behauptet man zwar vielfach einen solchen Unterschied zwischen Knaben und Mädchen, aber manche Schulverwaltungen (auch die vieler großer Städte) unterrichten doch Knaben und Mädchen im wesentlichen nach demselben Plane.

*) Im psychologischen Institut des Leipziger Lehrervereins soll unter der Leitung von Herrn Privatdozent Dr. Brahn die Farbenempfindlichkeit von Schulkindern genau untersucht werden.

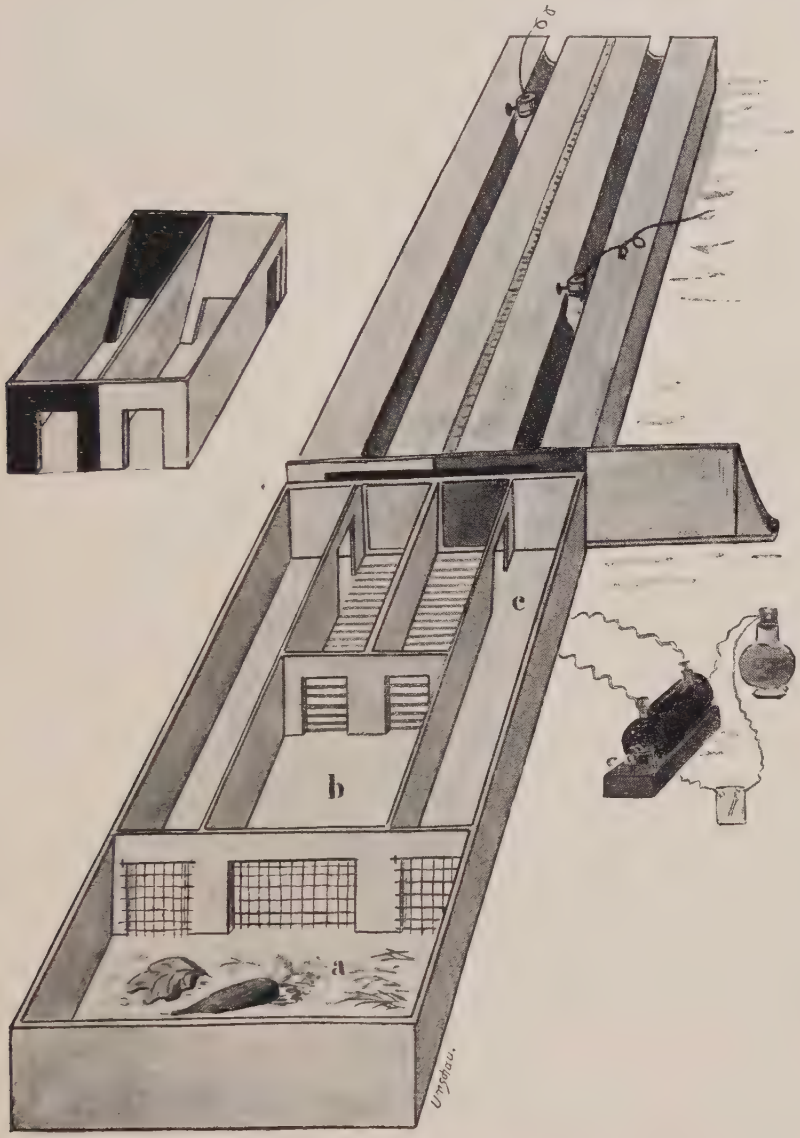


Fig. 36. Yerkes Vorrichtung zur Feststellung des Farbenunterscheidungsvermögens bei Mäusen; ein Raum wird rot, die andern grün beleuchtet, beim Eintritt z. B. durch die rote Tür erhält das Tier einen elektrischen Schlag. (Nach Claparède, F., Dr., Die Methoden der Tierpsychologie. Umschau, XII. Jahrg., 1908, Nr. 26.)

Es wird freilich viele geben, die es unerhört finden werden, daß man 100 und mehr Versuche anstellen soll, um nur zu erfahren, wie ein einziges Kind die grüne Farbe beurteilt. Dagegen ist zu erinnern, daß der Weg der Wissenschaft überall ein langsamer und mühevoller ist. Ich erinnere an die Forscher, die in jahrelanger Arbeit die Eigenschaften der Kathodenstrahlen untersuchten, ohne zunächst zu nennenswerten Ergebnissen zu gelangen. Und nun die glänzenden Entdeckungen der Röntgenstrahlen und des Radiums mit seinen wunderbaren Eigenschaften!

Wenn man es der Mühe wert hielt, 17 000 Blüten des Löwenzahns auf die Zahl der Blütenblätter zu untersuchen, wenn ein Physiolog*) nicht davor zurückschreckte, 60 000 Versuche an seinen zwei Kindern anzustellen, um die Feinheit der Raumschwelle**) des Tastsinns bei ihnen zu bestimmen, so sollte man auch in der Pädagogik vor zeitraubenden Untersuchungen nicht zurückschrecken.

b) Die mittlere Variation.

Die mittlere Variation oder die Streuung der Zahlen ist offenbar ein Maß für die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Versuchsperson bei ihren Aussagen, für die Gleichmäßigkeit der Aufmerksamkeit während der Versuche. Sie kann unter Umständen von der Größe der Empfindlichkeit ganz unabhängig sein. Eine Versuchsperson mit sehr stumpfer Schwelle kann doch ihre Aussagen mit hervorragender Gleichmäßigkeit abgeben. Insofern aber die mittlere Variation über eine viel tiefgreifendere und allgemeinere Veranlagung der Versuchsperson Auskunft gibt als die Reizschwelle selbst, die eigentlich das Ziel der Untersuchung war, kann sie eventuell von größerer Wichtigkeit werden als jene. Darum sollte auch die Angabe der mittleren Variation niemals versäumt werden.

Unser neunjähriges Mädchen zeigt eine ganz hervorragende Konstanz in seinen Aussagen, die mV betrug nur 0,56, während sie bei Frau N.***), wie man auf den ersten Blick sieht, bedeutend größer ist.

Die Sicherheit der Urteilsabgabe zeigte sich bei dem Kinde aber auch darin, daß es ein einziges Mal (beim unwissentlichen Verfahren) ein falsches Urteil abgab, und zwar bei 9^0 Grün. Es sagte da: „Blau — oder grün." Bei 10^0 erfolgte dann das Urteil: „Grün." In Wirklichkeit war die Farbe ein Grün, das etwas nach Blau neigte. Also auch dieses Urteil war beinahe richtig. Im übrigen erfolgten die Urteile stets derart, daß das Mädchen bei schwachen Farbtönen nur grau sah, dann, bei genügender Verstärkung, erfolgte stets sofort das richtige Urteil.

---

*) Camerer, Zeitschrift für Biologie 1881, XVII. Versuche über den Raumsinn der Haut bei Kindern. (Literaturangabe nach v. Vierordt, Physiologie des Kindesalters in Gerhardts Handbuch der Kinderkrankheiten. I. Band, 1. Abteilung. Laupp, Tübingen 1881.)

**) Siehe Seite 66.

***) Es lohnt sich bei der geringen Anzahl der Versuche nicht, die Berechnungen durchzuführen, auch bei den Versuchen mit dem Kinde ist die Berechnung ja nur als ein Beispiel einer solchen Rechnung angeführt.

Dagegen gab die Mutter des Kindes bei den schwachen Farbtönen viel falsche Urteile ab, das wirkliche Auftreten der Schwelle charakterisierte sich bei ihr derart, daß sie hinzufügte: „Diesmal bin ich ganz sicher, daß es richtig ist."

Es wäre von großer Wichtigkeit, wenn auch diese Frage systematisch (an Schulkindern) verfolgt würde, damit wir erfahren, wie die Zuverlässigkeit der Kinder mit den Jahren zu- oder abnimmt, wie sich Knaben und Mädchen, die verschiedenen Volksklassen und Volksstämme in dieser Beziehung verhalten.

Die gewissenhafte Untersuchung der Reiz- und Unterschiedsschwelle liefert die notwendigen Zahlen zu diesen Feststellungen als willkommenes Nebenprodukt in der mittleren Variation.

5. Vorsichtsmaßregeln bei Untersuchung von Reiz- und Unterschiedsschwellen.

Wer Untersuchungen der beschriebenen Art anstellen will, muß natürlich eine ganze Menge von Regeln beachten, wenn seine Arbeit nicht wertlos werden soll*). Nur einige dieser Vorschriften, die gerade bei unsrer Untersuchung in Betracht kommen, seien kurz hervorgehoben.

a) Das Verfahren muß, namentlich bei Kindern, wenn möglich, unwissentlich sein. Hält man es für nötig, doch das absteigende (also wissentliche) Verfahren mit zu benutzen, so darf man wenigstens nicht immer mit derselben Zahl anfangen, also lieber einmal mit 25^0, einmal mit 23^0 u. s. f., damit das Kind nicht etwa jedesmal nach einer bestimmten Anzahl von Versuchen die Urteilsänderung eintreten läßt.

b) Alle Angaben müssen so gemacht werden, daß ein anderer Forscher die Untersuchung genau unter denselben Umständen wiederholen kann. Insbesondere ist anzugeben, wie weit das Kind vom Apparat entfernt saß (bei uns 2 m), zu welcher Tageszeit (2 Uhr) und bei welchen Lichtverhältnissen (diffuses Tageslicht, Sonnenschein) gearbeitet wurde. Insbesondere muß natürlich die Farbenqualität der benutzten Farben genau (nach der Lage im Spektrum) bestimmt werden. Da der einzelne solche Bestimmungen meist nicht gut ausführen kann, so bezieht man am besten Papiere, die in irgendeinem Institut schon untersucht worden sind.

c) Alle Versuchsbedingungen — außer der zu variierenden, hier der Farbensättigung — müssen während der Versuche konstant erhalten werden. So muß das Grau mit den Farben in bezug auf die Helligkeit genau übereinstimmen. Erreicht wird dies, indem man (nach Seite 41, Fig. 34) zu der betreffenden Farbe aus Schwarz und Weiß ein Grau mischt, das der Farbe in bezug auf die Helligkeit gleichkommt, und indem man nun unter verschiedenen grauen Papieren ein dem gemischten Grau entsprechendes Papier wählt.

*) Zu empfehlen ist besonders G. E. Müller, Die Gesichtspunkte und die Tatsachen der psychophysischen Methodik. Die Seiten, wo die gefürchteten Integralzeichen auftauchen, kann man ja überschlagen.

Ferner müssen die ersten Vorversuche bei den Beobachtungen ausgeschaltet werden, weil gewöhnlich eine beträchtliche Übung eintritt. Die Versuche dürfen nicht lange ausgedehnt werden (bei Kindern höchstens eine halbe Stunde), auch der Einzelversuch darf nicht zu lange dauern. Weiß man einmal, daß die Schwelle etwa bei 10 liegt, so darf man nicht mit 1 anfangen, sondern vielleicht mit 4 oder 5.

Die Bestimmung der Schwellen ist mit Absicht ausführlich behandelt worden. Auch die Kinderpsychologie hat wie die allgemeine Psychologie mit Erforschung der elementarsten Vorgänge anzufangen. Und das Anwendungsgebiet der psychischen Maßmethoden ist ein außerordentlich großes. Reizschwellen und Unterschiedsschwellen kann man fast bei allen Empfindungen, namentlich aber bei den wichtigsten, den Tast-, Gehörs- und Gesichtsempfindungen aufsuchen. Und zwar kann es sich dabei ebensowohl um die Intensität (die Helligkeit einer Lichtempfindung, die Stärke eines Tones usw.) handeln, als auch um die Qualität der Empfindung (also um die Empfindlichkeit für Farben, für Tonhöhen usw.).

In ähnlicher Weise können aber auch Raum- und Zeitgrößen untersucht werden. Doch kommen wir hier schon in das Gebiet der Vorstellungen.

II. Analyse eines Empfindungsgebietes.

In der Pädagogik wird neuerdings mehr Betätigung der Hand, mehr Berücksichtigung des Tastsinns, gefordert. Soll eine solche Frage auf Grund psychologischer Forschung entschieden werden, so wird es notwendig sein, das in Frage kommende Sinnesgebiet mit den zu Gebote stehenden experimentellen Hilfsmitteln zu analysieren und darauf die einzelnen Empfindungsqualitäten vergleichend an Erwachsenen und Kindern verschiedener Altersstufen zu untersuchen. Die Untersuchung von Reizschwellen und Unterschiedsschwellen wird nebenbei vielleicht schon zeigen, welche Empfindungen auf den einzelnen Stufen durch Übung sich verbessern lassen. Eine Reihe von synthetischen Experimenten wird dann versuchen, das Zusammenwirken der Einzelempfindungen zu den komplizierten Leistungen zu beschreiben, die in der Methodik des neuen Unterrichts als *Formen* usw. gebraucht werden. Dabei werden die in den kinderpsychologischen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse den Anstoß zur experimentellen Erforschung pädagogischer Fragen geben.

Dieser Weg soll mit Rücksicht auf die Tastempfindungen hier kurz durchlaufen werden, insbesondere soll das Beispiel die Analyse eines Sinnesgebietes mit experimentellen Hilfsmitteln zeigen.

1. Äußere Tastempfindungen.

Daß wir es beim Betasten eines Gegenstandes (etwa beim Formen) mit einem Komplex von Empfindungen zu tun haben, lehrt schon die einfachste Beobachtung. Sie weist uns auch schon auf die beiden wichtigsten Komponenten dieses Komplexes hin, die äußern und innern Tastempfindungen.

a) Berührung und Druck.

Von den äußern Tastempfindungen läßt sich die Berührungs- oder Druckempfindung durch die Selbstbeobachtung am leichtesten isolieren. Sie ist auch einer experimentellen Untersuchung leicht zugänglich. Zur Feststellung der Reizschwelle könnte man z. B. ganz kleine Gewichte auf die Haut aufsetzen. Doch wäre das nicht der einfachste Fall, da wir ja eine ganze Fläche reizen würden. Wir müssen also mit punktuellen Reizen beginnen. Zu dem Zwecke bediente sich v. Frey der sogenannten Reizhaare (Fig. 37), die man sich leicht selbst herstellen kann, indem man Menschenhaare an Holzstäbchen mit Wachs befestigt. Wenn ich ein solches Haar auf einen Gegenstand aufsetze, so biegt es sich bald durch und zeigt nun einen konstanten Druck, den ich dadurch genau messen kann, daß ich mit dem Haar auf die eine Wagschale einer guten Wage drücke und dann auf der andern Schale durch ganz kleine Gewichte ausgleiche. Ist das Haar (im Verhältnis zu einem bestimmten gewünschten Gewicht) zu schwach, so schneide ich ein Stück ab. Auf diese Weise kann man sich zu genauen Untersuchungen einen Satz (etwa 40 bis 60) genau abgestufter Reizhaare anfertigen.

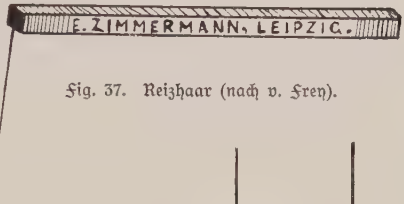


Fig. 37. Reizhaar (nach v. Frey).

Zu Vorversuchen und Demonstrationen dient das Haarästhesiometer nach v. Frey (Fig. 38), bei dem ein längeres Haar in einer Haarröhre eingeschlossen ist. Diese ist von einer Messinghülse umgeben, die (nach Art der bekannten Bleistifte) ein Herausschrauben des Haares gestattet, wodurch der Druckwert verringert wird. (Die links gezeichnete Hülse schützt das Haar beim Aufbewahren des Apparates.)

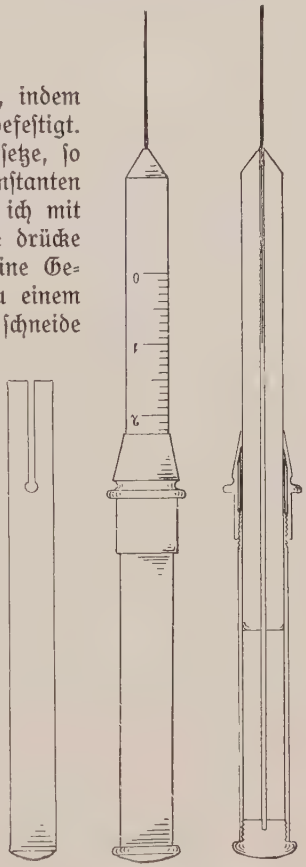


Fig. 38. Haar-Ästhesiometer (nach v. Frey).

Für die Untersuchung ergibt sich nun eine doppelte Aufgabe, erstens mit den punktuellen Tastreizen den ganzen Empfindungsapparat, die Tastfläche, abzutasten und zweitens, für möglichst viele Stellen die Reizschwelle zu bestimmen.

Taste ich mit den feinsten Reizhaaren etwa die Außenfläche der Hand ab, so zeigt sich, daß die Berührungsempfindung nur an bestimmten Punkten auftritt, den Druckpunkten, während man an andern Stellen nichts wahrnimmt.

Die Reizschwelle für Druckreize beträgt an den am feinsten empfindlichen Stellen der Haut, an der Stirn 0,002 g, an den Fingerspitzen 0,005 bis 0,015 g. Nach absolutem Maß ist dieser Wert auf $^1/_{10000}$ Erg geschätzt worden, woraus man folgern muß, daß die Empfindlichkeit für Druckreize den Leistungen des Gehörssinns (Reizschwelle bis zu $^1/_{10000000}$ Erg) und des Gesichtssinns (Reizschwelle bis zu $^1/_{100000000}$ Erg) bedeutend nachsteht. Doch ist andrerseits zu bedenken, daß die Tastfläche infolge ihrer gewaltigen Ausdehnung dafür über eine große Menge einzelner Qualitäten verfügt. Mehr als die absoluten Werte interessieren uns

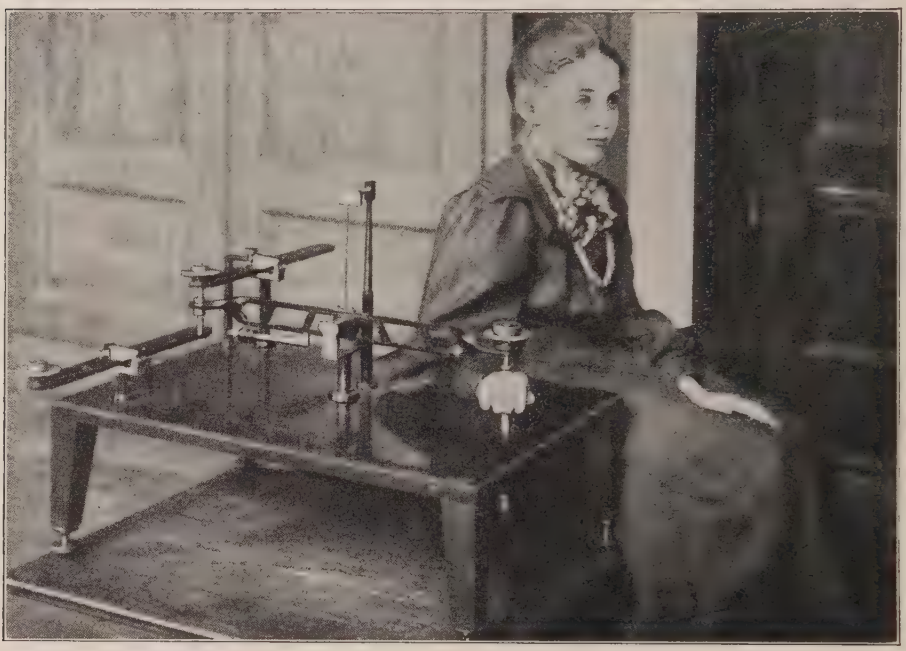


Fig. 39. Untersuchung der Druckempfindlichkeit.
(Mit Erlaubnis von Herrn Prof. W. Wundt in seinem Institut aufgenommen.)

die relativen Größen der Reizschwelle, die Unterschiede der Empfindlichkeit der einzelnen Körperteile. Insbesondere muß hier die Frage eingehend untersucht werden, ob, wie behauptet worden ist, bei Kindern die größern Hautflächen (Oberarm) eine verhältnismäßig größere Empfindlichkeit zeigen als bei Erwachsenen.

Die Unterschiedsschwelle für Druckreize untersucht man besser mit der Druckwage (nach Stratton, Fig. 39). Eine auf der Haut ruhende Spitze ist mit einem Normalgewicht belastet, und man kann nun durch Drücken eines Hebels eine sofortige Steigerung des Druckes bewirken. (Würde ich etwa das Zusatzgewicht mit der Hand aufsetzen wollen, so wäre ein geringes Fallen desselben oder ein geringer Stoß niemals zu vermeiden.)

Fig. 40. Untersuchung der Haut nach Kältepunkten.

b) Schmerz.

Benutze ich ein Ästhesiometer mit einem kräftigen Haar (Pferdehaar), so erhalte ich an verschiedenen Stellen (die Untersuchung ist wieder am bequemsten am Handrücken zu führen) ganz verschiedene Empfindungen. An den meisten Stellen empfinde ich nur Druck, an einzelnen Stellen aber tritt eine deutliche

Schmerzempfindung auf, die als Stich, zuweilen auch als „heißes Stechen" beschrieben wird. Wir haben die Schmerzpunkte der Haut gefunden.

c) Kälte und Wärme.

Wie mit dem Reizhaar, so kann man die Hautfläche auch mit einem Metallstab abtasten, der an beiden Seiten zugespitzt ist (stumpfe Spitze). Auch

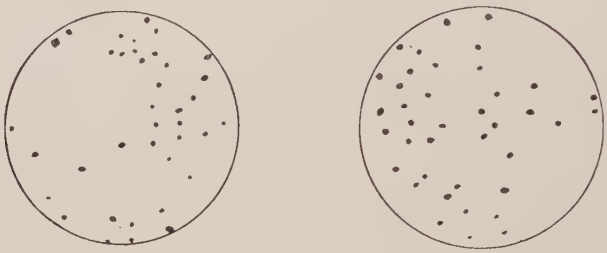


Fig. 41. Kältepunkte und Wärmepunkte auf derselben Stelle des Armes. (Nach Titchener, Experimental Psychology. Vol. I. Qualitative experiments. Part II. Instructors Manual, p. 96.)

hier erhält man meist Druckempfindungen. Plötzlich aber stößt man an eine Stelle, wo man die Empfindung hat, als ob ein kleines Eisstückchen aufgelegt würde. Man hat einen Kältepunkt gefunden. Man kann ihn (etwa mit Tinte) bezeichnen und wird finden, daß immer an der betreffenden Stelle eine Kälteempfindung eintritt. An der Handwurzel (Fig. 40) finden sich meist eine ziemliche Anzahl von Kältepunkten. Der geringe Temperaturunterschied zwischen dem Metall*) und der Eigenwärme des untersuchten Körperteils genügt zum Auslösen der Kälteempfindung. Will ich Wärmepunkte suchen, so erwärme ich den Stab ein wenig. Die Wärmepunkte sind seltener und fallen nicht mit den Kältepunkten zusammen. Figur 41 zeigt die Verteilung der Wärme- und Kältepunkte an ein und derselben Stelle des Armes.

Fig. 42. Heizspitze (nach v. Frey).

Erwärme ich den Stab nur wenig über die Körperwärme, so entsteht an den Kältepunkten trotzdem eine Kälteempfindung (sogenannte paradoxe Kälteempfindung), während derselbe Stab bei derselben Temperatur an den Wärmepunkten eine deutliche Wärmeempfindung auslöst. Zur genaueren Untersuchung dieser Verhältnisse dient die in Figur 42 dargestellte Heizspitze. An die beiden Röhrchen werden Gummischläuche angeschlossen, durch die man Wasser strömen läßt, dessen Temperatur an dem Thermometer abgelesen werden

*) Damit der Stab nicht die Körperwärme des Experimentators annimmt, faßt man ihn an einem Kork an.

kann. Die Spitze S, die man auf die Haut aufsetzt, hat infolgedessen immer eine konstante, meßbare Temperatur.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß auch die Hitzeempfindung eine besondere Art von Empfindungen darstellt, die wahrscheinlich bei der gleichzeitigen Reizung von Wärme- und Kältepunkten entsteht*).

Schon die äußeren Tastempfindungen zeigen also, daß die Empfindungen, die etwa beim Anfassen eines Gegenstandes entstehen, äußerst komplizierte sind und daß sich die Hautfläche physiologisch als ein Mosaik von empfindlichen Punkten

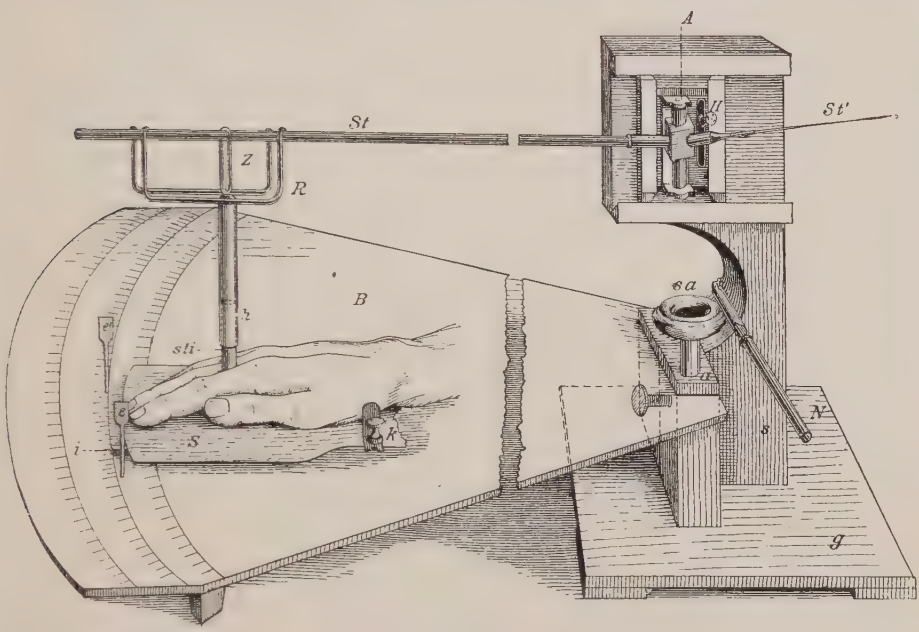


Fig. 43. Kinematometer. (Aus Störring, G. W., Zur Lehre vom Einfluß der Gefühle auf die Vorstellungen und ihren Verlauf. Philos. Studien, XII, S. 490. W. Engelmann, Leipzig.)

darstellt, die als Nervenendungen verschiedener Fasern angesehen werden, von denen jede Sorte eine besondere Art von Empfindungen vermittelt.

Durch mannigfache Kombinationen entstehen dann jene Wahrnehmungen des Rauhen, Harten, Nassen usw., die uns aus unsern Erfahrungen bekannt sind und die sich bei genauer Analyse auf die Grundqualitäten zurückführen lassen müssen. Daß z. B. die Empfindung des Nassen im wesentlichen dadurch entsteht, daß ein glatter, meist kalter Gegenstand über einen Körperteil gleitet, kann man zeigen, indem man mit der glatten Seite des für die Kältepunkte gebrauchten Metallstabes

*) Vgl. Alrutz, S., Dr., Untersuchungen über die Temperatursinne. Zeitschrift für Psychologie, herausg. von Ebbinghaus. 1908.

leicht über den Handrücken streicht. Die Versuchsperson (die natürlich die Augen beim Versuch geschlossen halten muß), versucht dann gewöhnlich, „das Wasser" wegzuwischen.

2. Innere Tastempfindungen.

Viel komplizierter liegen die Verhältnisse bei den inneren Tastempfindungen. Untersuche ich die Druckempfindlichkeit der Haut, indem ich bei ruhender Hand Gewichte aufsetze, so finde ich die Unterschiedsempfindlichkeit etwa gleich $^1/_3$, d. h. ich muß beispielsweise bei 1 kg ein Zusatzgewicht von $^1/_3$ kg benutzen, damit

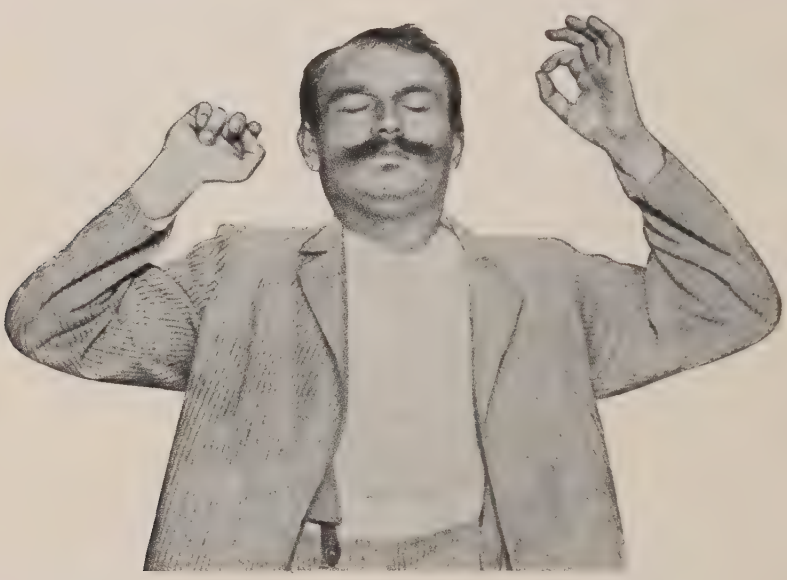


Fig. 44. Kranker mit Unempfindlichkeit der Haut und der Gelenke und Muskeln des rechten Arms. Bei offenen Augen kann er beide Hände in gleicher Lage halten, sowie er die Augen schließt, ändert sich ohne Wissen und Willen des Patienten die Stellung der rechten Hand.
(Nach Strümpell, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde 23. 1902. Vogel, Leipzig.)

man einen Unterschied bemerkt. (Mit der Druckwage kam Stratton bis auf $^1/_{15}$.) Hebe ich aber die Gewichte beim Vergleichen (Fig. 46), so wird die Unterschiedsempfindlichkeit viel größer (bis $^1/_{30}$), und die Selbstbeobachtung lehrt, daß sich hier außer der Druckempfindung noch andere Empfindungen, hauptsächlich Kraft- und Lageempfindungen, beteiligt haben, deren Feinheit man wieder besonders untersuchen muß.

a) Die Lageempfindungen.

Am besten lassen sich noch die Lageempfindungen isolieren. Sie scheinen hauptsächlich in den Gelenken ihren Sitz zu haben. Man kann sie mit dem

Fig. 45. Übung der größeren Gelenke bei kleinen Kindern.
(Aus Tadd, L., Neue Wege zur künstlerischen Erziehung der Jugend. K. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

Kinematometer (Fig. 43) untersuchen, bei dem ein Glied (etwa der Arm) so eingespannt wird, daß es sich in einem bestimmten Gelenk bewegen kann, wobei man an dem Apparat die Größe der Bewegung (in Winkelgraden) abmißt. Der Experimentator bringt nun den Körperteil in eine bestimmte Lage (passive Bewegung) und läßt angeben, wie weit die neue Lage von der Anfangslage ab-

weicht. Die äußeren Tastempfindungen sind für das Zustandekommen der Lagevorstellung nicht wesentlich. Kranke mit völliger Unempfindlichkeit der Haut haben auch bei geschlossenen Augen noch eine genaue Vorstellung von der Lage ihrer Körperteile, wenn nur die Gelenkempfindungen erhalten sind. Fehlen aber auch diese, so ist keine Lageempfindung mehr vorhanden. Dem Kranken in Figur 44 fehlte die Hautempfindlichkeit und Gelenkempfindlichkeit im rechten Arm. Bei offenen Augen konnte er beide Hände in gleicher Lage halten, sobald er aber die Augen schloß, veränderte sich die Stellung der rechten Hand, ohne daß er es merkte.

b) Die Kraftempfindung.

Bei allen aktiven Bewegungen, z. B. wenn ich ein Gewicht hebe oder wenn ich im Kinematometer willkürlich die Bewegung ausführe, kommen zu den Lageempfindungen noch die Kraftempfindungen. Sie scheinen hauptsächlich in den Muskeln ihren Sitz zu haben und sind wegen ihrer stetigen Verbindung mit Lageempfindungen schwer zu analysieren. Am besten werden sie untersucht durch Heben von Gewichten.

c) Die Bewegungsempfindung.

Die Bewegungsempfindung ist ein Komplex hauptsächlich von Kraft- und Lageempfindungen. Die Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungsempfindungen kann ich im Kinematometer untersuchen. Zu dem Zwecke führe ich den Arm der Versuchsperson von einer Anfangslage bis an eine bestimmte Stelle und wieder zurück (passive Bewegung) und gebe nun die Aufgabe, den Arm wieder an dieselbe Stelle zu bringen (aktive Bewegung). —

Es scheint, als ob bei Kindern die Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungen in den größeren Gelenken verhältnismäßig größer ist als bei Erwachsenen. Wenn sich das bestätigt, so müßte man bei kleinen Kindern zuerst die ausgiebigeren Bewegungen der ganzen Hand und des Armes ausbilden, ehe man zur Durchbildung der feinsten Gelenke (der Finger) fortschreitet. Die neuere Zeichenmethode, bei der die Bewegungen aus dem Armgelenk ausgeführt werden, würde dann für die kleinen Kinder als berechtigt angesehen werden müssen. (Die Figur 45 zeigt amerikanische Kinder vor der Zeichentafel.)

Die Gemeinempfindungen (z. B. Hunger), die man gewöhnlich den Tastempfindungen noch zurechnet, sollen nur erwähnt sein, weil sie sich einer experimentellen Prüfung beinahe gänzlich entziehen.

III. Das Webersche Gesetz.

Bei dem bereits erwähnten neunjährigen Mädchen prüfte ich die Unterschiedsempfindlichkeit beim Heben von Gewichten. Ich gab ihr in die rechte Hand eine leichte Schale mit einem 100 g-Gewicht und ließ die Schale bei geschlossenen Augen (siehe Fig. 46) einmal, etwa bis zur Augenhöhe heben und

dann die Hand wieder auf den Tisch (weiche Unterlage!) auflegen. Nun gab ich ihr in dieselbe Hand eine ganz gleiche Schale mit 101 g und ließ ebenso heben. Es wurde kein Unterschied bemerkt. Nun kam wieder das Normalgewicht dran, dann als Vergleichsgewicht 102 g und so fort. Bei 120 g, also bei 20 g Unterschied, wurde eine Verschiedenheit bemerkt*).

Nun stellte ich denselben Versuch mit einem 50 g-Gewicht an. Schon bei 61 g trat das Urteil: „Schwerer" auf. Bei einem halb so großen Gewicht

Fig. 46. Unterschiedsempfindlichkeit beim Gewichtheben. Webersches Gesetz.

war also auch ein ungefähr halb so großer Zuwachs nötig, um die beiden Empfindungen zu unterscheiden. Man sieht also, daß der Zuwachs des Reizes, der eine eben merkliche Veränderung der Empfindung bewirken soll, zu der vorhandenen Reizgröße im selben Verhältnis stehen muß. Ich muß jedesmal $^1/_5$ des vorhandenen Gewichts zulegen, um einen Unterschied zu bemerken.

*) Ein Vergleich mit der Mutter ergab übrigens, daß diese in bezug auf das Gewichtheben dem Mädchen überlegen war, schon bei 116 g erfolgte das Urteil: „Schwerer." Vgl. dagegen die Farbenempfindlichkeit Seite 46.

Wir haben das Gesetz gefunden, das nach seinem Entdecker Ernst Heinrich Weber seinen Namen erhalten hat. In einfachster Weise läßt es sich so formulieren:

Der Reizzuwachs, der nötig ist, um von einer gegebenen Empfindung zu einer eben merklich größeren zu gelangen, ist stets ein für das betreffende Sinnesgebiet konstant bleibender Bruchteil des Reizes*).

Dieser Bruch beträgt bei dem untersuchten Kinde in bezug auf das Heben von Gewichten $^1/_5$. Gehe ich also bei diesem Kinde von 20 g aus, so muß ich 4 g zusetzen, bei 200 g aber 40 g u. s. f., immer unter der Voraussetzung, daß das Webersche Gesetz hier Geltung besitzt.

Was bedeutet das Webersche Gesetz?

Wir müssen uns vergegenwärtigen, daß es eigentlich falsch war, wenn wir vom Messen der Empfindungen sprachen. Wir haben nicht Empfindungen gemessen, sondern immer nur Beziehungen zweier Empfindungen zueinander**). Bei allen Messungen mußten wir zwei Empfindungen miteinander vergleichen***). Und die Genauigkeit dieser Vergleichung, das ist es, was wir gemessen haben, nicht eigentlich die Größe der Empfindungen.

Wenn das wahr ist, so müßte dem Weberschen Gesetze eine allgemeine Bedeutung überall dort zukommen, wo Vergleichungen von Empfindungsstärken stattfinden. Und das scheint tatsächlich der Fall zu sein. Insbesondere hat es sich bewährt bei der Untersuchung der Druck- und Spannungsempfindungen (Aufsetzen und Heben von Gewichten), bei der Stärke der Lichtempfindungen und der Tonempfindungen.

Daß dabei auch Ausnahmen vorkommen, hat das Webersche Gesetz mit jedem Gesetz gemeinsam; und wir werden gleich eine der wichtigsten Ausnahmen kennen lernen.

Ebbinghaus teilt in seinen Grundzügen der Psychologie die auf Seite 63 abgedruckte Tabelle für die Unterschiedsempfindlichkeit bei verschiedenen Helligkeiten mit.

Man sieht aus der Tabelle, daß bei der Lichtstärke 1 der sechste Teil zugesetzt werden mußte, um merklich zu werden. Bei der Lichtstärke 2 der achte

*) Das ist der einfachste, voraussetzungslose Ausdruck der gefundenen Tatsachen. Gewöhnlich wird das Webersche Gesetz so formuliert: Der Reiz muß in geometrischem Verhältnis wachsen, damit die Empfindung in arithmetischem Verhältnis zunimmt. Oder: Die Empfindungen wachsen wie die Logarithmen der Reize. Fechner hat die Ableitung der letzteren Formel mit Hilfe der Infinitesimalrechnung gegeben. Alle diese Formulierungen gelten aber schließlich doch nur unter der Annahme, daß Empfindungen (oder Empfindungsunterschiede) ihrer absoluten Größe nach gemessen werden können, eine Auffassung, der wir nicht zustimmen können. Wir empfehlen für die Kinderpsychologie und Pädagogik die einfache Fassung, die keinerlei Voraussetzungen macht.

**) Streng genommen müßte also auch die Überschrift unseres ganzen Kapitels nicht lauten: „Empfindungsmessung", sondern: „Über das Messen der Beziehungsfunktion beim Vergleichen von Empfindungen."

***) Das trifft auch bei dem Bestimmen der Reizschwelle zu. Die schwächste, eben merkliche Empfindung kann ich immer nur konstatieren im Vergleich mit den minimalen Empfindungen, die stets unser Bewußtsein erfüllen. Es gibt keinen absolut stillen Raum. Es gibt keine absolute Dunkelheit. Wenn ich im dunkelsten Zimmer die Augen schließe, habe ich doch immer noch eine ganze Anzahl schwächster subjektiver Lichtempfindungen.

Teil und so fort. Dabei entsprach die Helligkeit 1 etwa dem Licht, das man erhält, „wenn man das Licht einer gewöhnlichen guten Stearinkerze aus einer Entfernung von $^3/_4$ m auf ein möglichst weißes, aber stumpfes Papier fallen läßt und dieses dann durch ein kleines Loch von 1 qmm Größe betrachtet. Die Helligkeit 2000 entspricht demnach etwa der Belichtung jenes Papiers aus derselben Entfernung von einer 2000 Kerzen starken unverhüllten elektrischen Bogenlampe“ *). Nun erkennt man aber aus der Tabelle deutlich, daß das Webersche Gesetz nur für die mittleren Helligkeitsstärken, etwa von 2000 bis 10 000 Kerzen, zutrifft, nur hier ist der zum Bemerken eines Unterschieds nötige Helligkeitszuwachs konstant, nämlich etwa $^1/_{60}$. Dagegen ist bei sehr schwachen und sehr starken Reizen die Empfindlichkeit wesentlich gröber.

Lichtstärke	Unterschiedsempfindlichkeit	Lichtstärke	Unterschiedsempfindlichkeit
0,5	$^1/_4$	500	$^1/_{51}$
1	$^1/_6$	1000	$^1/_{57}$
2	$^1/_8$	2000	$^1/_{59}$
5	$^1/_{14}$	5000	$^1/_{61}$
10	$^1/_{21}$	10000	$^1/_{60}$
20	$^1/_{27}$	20000	$^1/_{57}$
50	$^1/_{33}$	50000	$^1/_{47}$
100	$^1/_{40}$	100000	$^1/_{34}$
200	$^1/_{45}$	200000	$^1/_{26}$

Die Bedeutung dieser Verschiedenheit ist klar. In den mittleren Helligkeiten, die unserm Auge für gewöhnlich geboten sind, von der sonnenbeglänzten Landschaft bis zu matter Tagesbeleuchtung, ändern sich die Beziehungen der einzelnen Lichtintensitäten nicht, mag auch die Helligkeit eine etwas verschiedene sein. Infolgedessen bleibt das ganze Bild für unsre Auffassung im wesentlichen dasselbe bei heller oder matter Tagesbeleuchtung. Nur wenn es wesentlich heller oder dunkler wird, werden diese Beziehungen anders, und damit ändert sich dann auch unsre ganze Auffassung. Es kann vorkommen, daß wir uns bei matter Beleuchtung „nicht mehr zurecht finden“.

Was hat nun die Pädagogik von der Prüfung des Weberschen Gesetzes bei Kindern zu erwarten?**)

Wir können zunächst sagen: Je genauer bei einem Kinde das Webersche Gesetz zutrifft, desto mehr ist seine Vergleichungsfähigkeit entwickelt, seine Fähigkeit, einzelne Empfindungen mit Rücksicht auf ihre Intensität aufeinander zu beziehen.

Zweitens aber kann man sein Augenmerk darauf richten, wie groß bei dem Kinde die „mittlere Region“ ist, in der das Webersche Gesetz Geltung hat.

*) Vgl. Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie I. Veit & Co., Leipzig 1905, S. 523.
**) Umfangreichere Untersuchungen liegen nicht vor.

Das müssen die Reize sein, die dem kindlichen Empfinden „adäquat" sind. Es ist z. B. möglich, daß auf dem Gebiete der Gehörsempfindungen beim Kinde noch stärkere Intensitäten zu den „normalen" Empfindungen gehören als beim

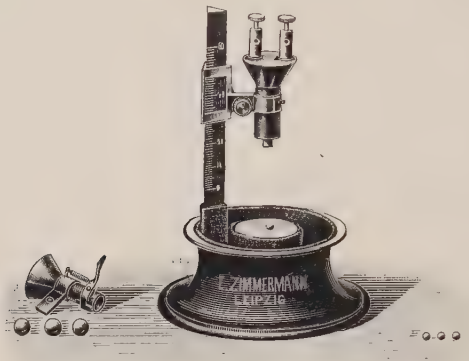


Fig. 47. Hörschärfeprüfer (nach Zoth).

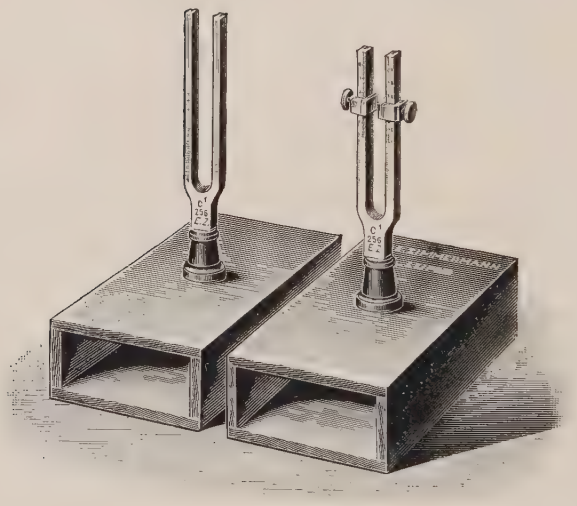


Fig. 48. Stimmgabeln zur Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit.

Erwachsenen. Das müßte sich dann eben darin verraten, daß auch bei diesen das Webersche Gesetz noch zutreffen müßte.

Oder wenn etwa dem Kinde auf dem Gebiete des Farbensinnes nur die einfachen reinen Farben „liegen", so müßte bei den gebrochenen Farben das

Webersche Gesetz (bei einer Intensitätsveränderung derselben) weniger genau zutreffen als bei Erwachsenen.

Man wird zum Vergleich zunächst natürlich solche Gebiete heranziehen, auf denen sich das Webersche Gesetz bei Erwachsenen am besten bewährt hat, also z. B. die Intensität der Gehörsempfindungen.

Zu diesen Untersuchungen eignet sich der in Figur 47 dargestellte Hörschärfeprüfer nach Zoth. Ein Elektromagnet hält eine kleine Stahlkugel, die beim Unterbrechen des Stromes auf einen ebenen Stahlklotz auffällt. Die Berechnung der objektiven Schallstärke erfolgt dadurch, daß man das Produkt des Gewichts der Kugel mit der Fallhöhe (die an einem Maßstab abgelesen werden kann) als Maß ansieht. Die Methode der Untersuchung ist dieselbe wie bei der Feststellung irgendeiner Unterschiedsschwelle*). —

*) Der Zothsche Apparat eignet sich bei Anwendung der kleinsten Kugeln besonders auch zur Untersuchung der Reizschwelle, und man gebraucht ihn oft bei anthropometrischen Messungen, mit denen häufig eine Prüfung der Sinne verbunden wird, zur Feststellung der Hörschärfe. Die Prüfung erfolgt entweder mit dem Apparat selbst oder in der Weise, daß man das Ticken einer Taschenuhr durch den Apparat eicht, indem man durch Vergleichung feststellt, aus welcher Höhe die kleinste Kugel herabfallen muß, um einen Ton zu geben, der dem Schlage der Uhr an Stärke gleichkommt. Mit der so geeichten Uhr werden nun die Prüfungen angestellt. Geben verschiedene Uhren verschiedene Stärken, so wird der Unterschied bestimmt und die stärker schlagende Uhr in entsprechend weiterer Entfernung zur Prüfung verwendet. —

An dieser Stelle soll noch die einfache Methode nachgetragen werden, mit Hilfe deren man Unterschiedsempfindlichkeiten für Tonhöhen prüft. Man benutzt zu dem Zwecke zwei gleiche Stimmgabeln, von denen die eine Laufgewichte trägt, durch die der Ton tiefer wird (Fig. 48). Nach der Grenzmethode schlägt man nun zuerst die Normalgabel an, darauf die stark verstimmte zweite Gabel. Man vermindert nach und nach den Unterschied, bis Gleichheit eintritt u. s. f., wie bei jeder Untersuchung nach der Grenzmethode.

C. Vorstellungen.

I. Räumliche Vorstellungen.

1. Räumliche Tastvorstellungen.

Vorstellungen sind, wie alle andern psychischen Verbindungen, in ihre Elemente, die Empfindungen, zerlegbar, sie sind aber nicht eine reine Summe dieser Elemente, sondern bei der Zusammensetzung entsteht durch die Ordnung der Empfindungen in der Vorstellung etwas Neues, insbesondere die räumlichen und zeitlichen*) Mannigfaltigkeiten.

Die räumlichen Vorstellungen werden bekanntlich hauptsächlich durch den Tast- und Gesichtssinn vermittelt.

Um die räumlichen Tastvorstellungen zu prüfen, ist es notwendig, auf den einfachsten Fall zurückzugehen.

Wenn wir mit dem Reizhaar (Fig. 37) eine bestimmte Stelle der Haut reizen, so erhalten wir nicht nur eine Berührungsempfindung schlechthin, sondern wir lokalisieren sie auch an eine bestimmte Stelle unsres Körpers, indem wir sie, unter dunkler Assoziation von räumlichen Gesichtsvorstellungen, in den Raum einordnen. Die Genauigkeit dieser Einordnung kann ich messen, wenn ich dicht nebeneinander zwei punktförmige Reize auf die Haut einwirken lasse. Das geschieht mit Hilfe des in Figur 49 dargestellten Ästhesiometers von Spearman. Der Apparat besteht aus Aluminium, damit er leicht aufgesetzt werden kann**).

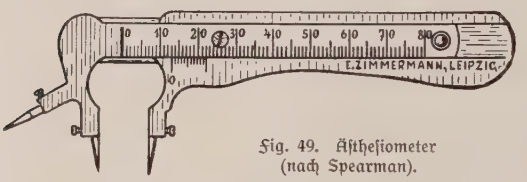


Fig. 49. Ästhesiometer (nach Spearman).

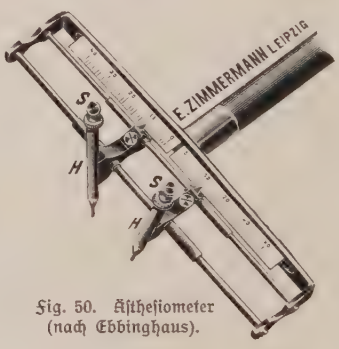


Fig. 50. Ästhesiometer (nach Ebbinghaus).

*) Beide werden als extensive Mannigfaltigkeiten zusammengefaßt, zum Unterschiede von den intensiven (z. B. Zusammenklänge von Tönen), die nicht behandelt werden sollen.

**) Bei vorsichtigem Gebrauch (genaues Abmessen der Entfernung, gleichmäßiges Aufsetzen der Zirkelspitzen) eignet sich zu diesen Untersuchungen auch jeder gewöhnliche Zirkel, wenn man nur seine Spitzen etwas abstumpft (Tasterzirkel). Vgl. das Ästhesiometer nach Ebbinghaus (Fig. 50).

Fig. 51. Bestimmung der Raumschwelle des Tastsinns.

Fig. 52. Formende Kinder im Zeichensaal der 13. Bezirksschule in Leipzig-L.
(Aus Fr. Weißenborn, Das Formen ein Ausdrucks- und Erziehungsmittel. Neue Bahnen, Februar 1906.)

Will ich mit diesem Apparat die „Raumschwelle" des Tastsinns untersuchen, so fange ich mit der (schrägstehenden) einzelnen Spitze an, dann setze ich die beiden Spitzen, sehr wenig auseinandergeschoben, auf und fahre so fort*), bis das Kind merkt, daß es zwei Spitzen sind (Fig. 51).

Die Raumschwelle des Tastsinns ist an den einzelnen Stellen der Haut außerordentlich verschieden, sie beträgt an den Fingerspitzen 1 bis 2 mm, am Oberarm 6 bis 7 cm. Bei Kindern ist die Raumschwelle ein wenig kleiner, sie sind also empfindlicher als die Erwachsenen. Die Ursache davon ist leicht einzusehen. Durch das Wachstum vergrößert sich die Hautfläche bedeutend, es kommen also, da beim Wachsen nur wenig neue Nervenendigungen entstehen, auf ein Quadratzentimeter Haut beim Erwachsenen viel weniger Druckpunkte als beim Kinde.

Die raumbildende Kraft des Tastsinnes wirkt, wie schon gesagt, stets unter Assoziation von räumlichen Gesichtsvorstellungen, und je fester diese beiden Elemente, räumliche Tast- und Gesichtsvorstellungen, verschmelzen, um so mehr wird für die Bildung der Raumvorstellung gewonnen. Gerade hierin liegt der Wert des Formens und ähnlicher Tätigkeiten, nicht in der Betätigung des Tastsinnes

*) Also nach der Grenzmethode.

allein. Das Abtasten einer Kante, das Ausstreichen einer Fläche, das Abtasten einer Form (unter Bevorzugung passiver Bewegungen) und das Formen (bei hauptsächlich aktiver Tätigkeit) entfalten ihre raumbildende Kraft immer am besten bei eifriger Assistenz des Gesichtsorgans. Figur 52 zeigt recht anschaulich, wie beim formenden Kind die räumlichen Tast- und Gesichtsvorstellungen durch die Aufmerksamkeit zu einem Ganzen verschmolzen werden.

Blindgeborene sind nicht imstande, Assoziationen mit Gesichtsvorstellungen auszuführen, sie müssen sich also, um von den Lokalzeichen des Tastorgans zu räumlichen Vorstellungen zu gelangen, anderer Hilfsmittel bedienen. In der Tat benutzen sie dazu die Assoziation innerer Tastempfindungen, wie sich deutlich beim Lesen der Blinden zeigt. Indem sie zunächst mit den Fingern der einen Hand die bekanntlich aus Punkten bestehenden Buchstaben der Blindenschrift berühren und darauf mit der andern Hand, von einem Punkte zum andern fühlend, das Bewegungsbild zu diesen einfachen Tastempfindungen hinzu assoziieren, gelangen sie zu einer räumlichen Auffassung der Buchstabenbilder, die sie zum Lesen befähigt. Das in Figur 53 abgebildete Mädchen liest schön und geläufig wie ein vollsinniges Kind. Eine solche Leistung ist natürlich nur dadurch möglich, daß die Blinden durch Übung die Raumschwelle der Tastempfindungen und die Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungsempfindungen verfeinern. Auch vollsinnige Kinder würden bei hinreichender Übung eine ähnliche Vervollkommnung erreichen. Da aber bei ihnen die räumlichen Gesichtsvorstellungen den Hauptanteil an der Bildung der Raumauffassung übernehmen, wird die Ausbildung der inneren Tastempfindungen bei ihnen vernachlässigt. Die Unglücklichen aber, denen das Schicksal die Welt der Gesichtsvorstellungen verschlossen hat, zeigen uns deutlich,

Fig. 53. Blindes Kind lesend.

wie auch auf dem Gebiete der geistigen Bildungsmöglichkeiten die Natur den Menschen verschwenderisch ausstattet, so verschwenderisch, daß selbst der Blinde imstande ist, sich eine dem Raumbilde des Vollsinnigen ähnliche Raumauffassung zu erwerben.

2. Räumliche Gesichtsvorstellungen.

Bei der Prüfung der räumlichen Gesichtsvorstellungen wollen wir nicht von der Reizschwelle, sondern von der Unterschiedsschwelle ausgehen. Wir zeichnen

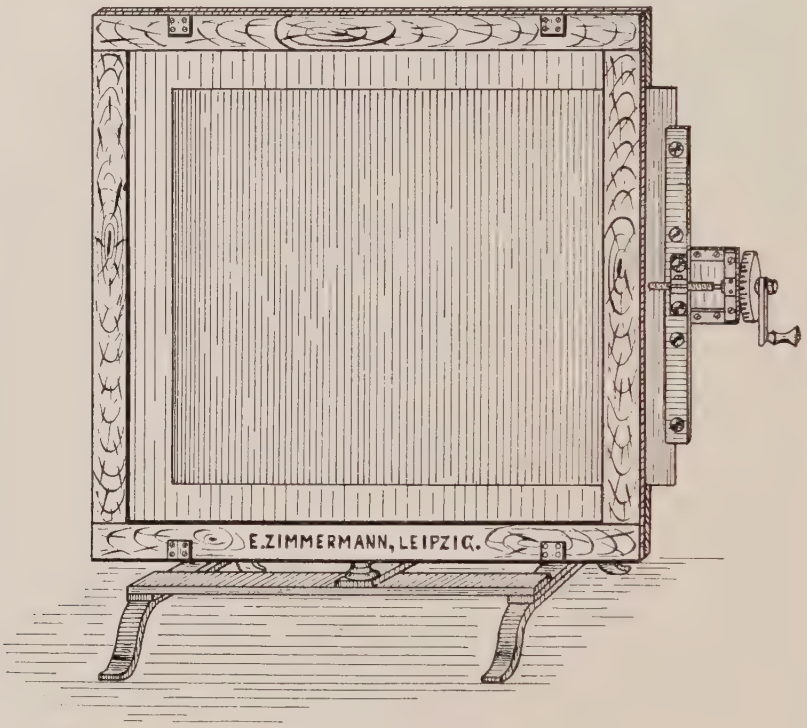


Fig. 54. Raumschwellenapparat.

also nebeneinander (nicht zu nahe) zwei Linien, die in der Länge nur wenig verschieden sind, und vergrößern die eine so lange, bis ein Unterschied bemerkt wird. Für die genauesten Untersuchungen bedient man sich des Raumschwellenapparats (Fig. 54), bei dem die Abgrenzung der Entfernungen nur durch zwei Punkte erfolgt, die auf zwei aufeinander liegenden Glasplatten aufgezeichnet sind. Die Glasplatten (mit den Punkten) kann man mit Hilfe von feinen Schrauben aneinander verschieben und so die Distanz der Punkte ändern.

Ähnlich wie beim Tastsinn kann auch hier die Auffassung bei ruhendem oder bewegtem Sinnesorgan geschehen, ich kann den Gegenstand fixieren oder die Linie mit dem Auge verfolgen.

Will ich untersuchen, ob beim Kinde die räumliche Auffassung genauer ist bei ruhendem oder bei bewegtem Auge, so kann ich entweder die Form (etwa ein Dreieck) in der Weise mit einer ähnlichen vergleichen lassen, daß eine bestimmte Stelle fixiert wird oder daß ein Umlaufen der Figur mit dem Auge erlaubt oder vorgeschrieben ist*). Es ist nun festzustellen, bei welcher Form der Beobachtung die Schätzung genauer ist. Ich kann andrerseits diejenigen Täuschungserscheinungen zur Beobachtung verwenden, die, wie die Müller-Lyersche Täuschung (Fig. 55), dadurch entstehen, daß Augenbewegungen eintreten. So wird in Figur 55 das Auge durch die kurzen, schrägstehenden Begrenzungslinien bei der oberen Figur nach innen, bei der unteren nach außen geführt, und die untere Linie erscheint bedeutend größer. Diese Täuschungen scheinen bei Kindern ebenso aufzutreten wie

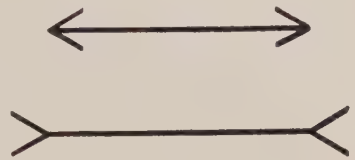


Fig. 55. Müller-Lyersche Täuschung.

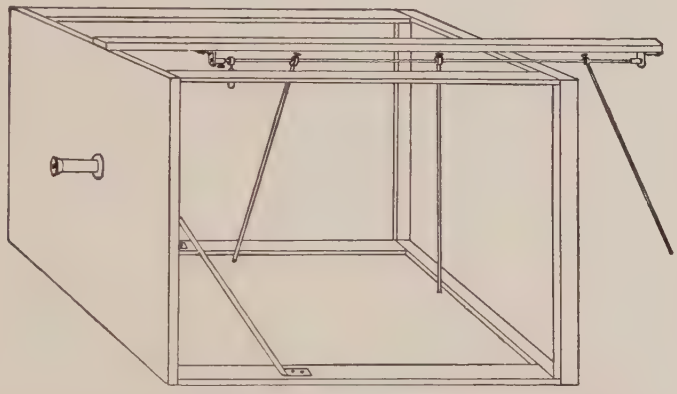


Fig. 56. Apparat zur Prüfung der Genauigkeit der Tiefenvorstellung.
(Aus Giering, Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. der Sinnesorgane. Barth, Leipzig, Bd. 39.)

bei Erwachsenen, ein Beweis dafür, daß auch bei Kindern die Augenbewegungen bei der Bildung der räumlichen Gesichtsvorstellungen beteiligt sind.

Die genauen Untersuchungen der Unterschiedsschwelle der räumlichen Gesichtsempfindungen bei Kindern**) haben ergeben, daß die Sechsjährigen ebenso

*) Vgl. Senfert, R., Philos. Studien, Bd. 14, 1898. S. 550. Bd. 18, 1902. S. 189.
**) Vgl. Giering, H., Das Augenmaß bei Schulkindern. Zeitschr. für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane, herausgeg. von Ebbinghaus, Barth, Leipzig, Bd. 39, 1905, S. 42.

genau schätzten wie die Vierzehnjährigen und daß die Kinder, sogar die sechsjährigen, durchschnittlich etwas besser schätzten als die Erwachsenen. Es ist

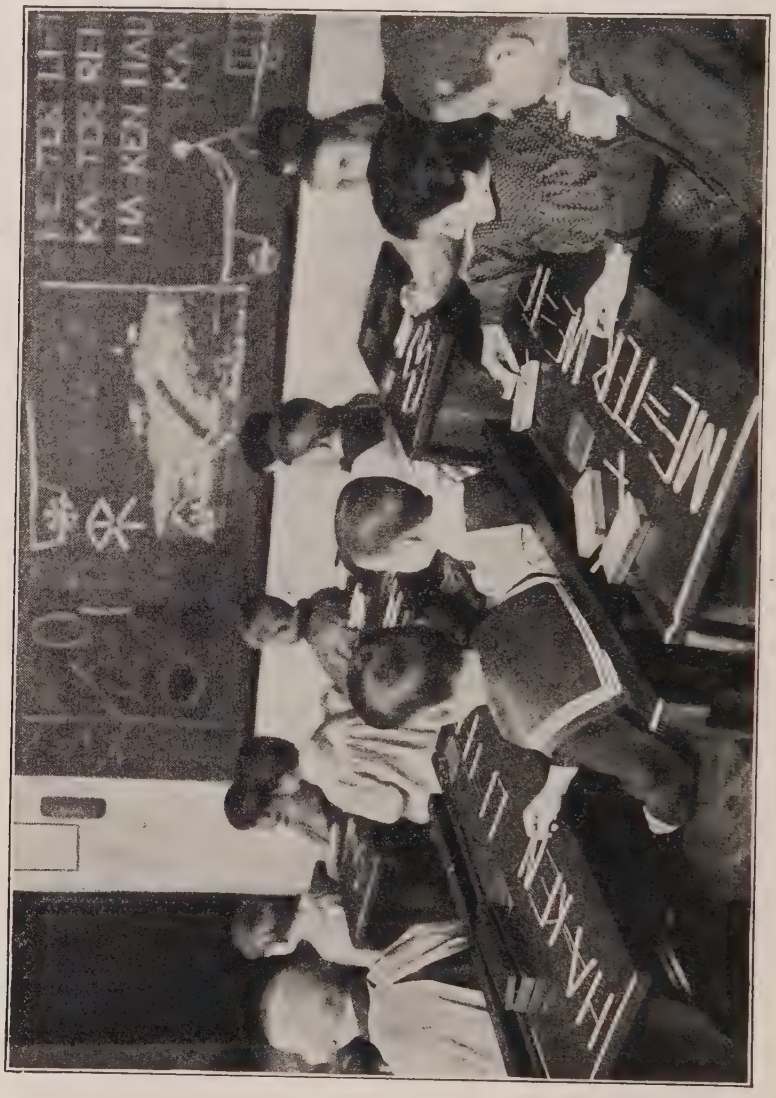


Fig. 57. Lesestunde in der Elementarklasse des Werner Siemens-Realgymnasiums zu Schöneberg-Berlin.
(Aus Wetekamp, Prof., Selbstbetätigung und Schaffensfreude in Erziehung und Unterricht. Teubner, 1908.)

dringend zu wünschen, daß dies Resultat vielfach nachgeprüft wird. Die Untersuchung kann, wie schon angegeben ist, ohne alle Apparate ausgeführt werden; alle methodischen Maßnahmen sind bei Giering nachzulesen. Wenn sich Gierings

Ergebnisse bewahrheiten — was kaum bezweifelt werden kann —, so ergibt sich für die Pädagogik der dringende Hinweis auf die ausgiebigste Pflege der Raumvorstellungen in den ersten Schuljahren durch Zeichnen, Formen usw.

Die Mädchen standen den Knaben in der Unterschiedsempfindlichkeit insofern nach, als die sechsjährigen Knaben deutlich besser urteilten als die vierzehnjährigen Mädchen. Auch dieses Resultat ist nachzuprüfen. Bei seiner Bestätigung ist zu erwägen, ob bei den kleinen Mädchen an Stelle der Raumvorstellungen nicht ihre hervorragende Farbenempfindlichkeit (vgl. Seite 46) besonders zu pflegen ist.

Außer dem Schätzen von Linien kommt noch das Vergleichen von Flächen sowie das Schätzen der Entfernung des Gegenstandes, die Tiefenvorstellung, in Betracht. Insbesonders ist es wichtig zu vergleichen, wie sich die durch den Tastsinn und durch den Gesichtssinn vermittelte Tiefenvorstellung beim Kinde zueinander verhalten. Untersuchungen liegen hier noch nicht vor.

Figur 56 zeigt einen Apparat, mit dem sich prüfen läßt, ob man beim Sehen mit einem Auge die Entfernung eines Stabes oder eines dünnen Fadens (der sich dem Auge nähern oder von ihm entfernen läßt) schätzen kann.

Zum Schlusse soll noch einmal darauf hingewiesen werden, daß für die Raumanschauung stets die besten Ergebnisse zu erwarten sind, wenn Vorstellungen des Gesichtssinns und des Tastsinns assoziiert werden. Die Druckbuchstaben werden also leichter gemerkt, wenn sie in ihre Elemente zerlegt und von den Kindern etwa aus Stäbchen zusammengesetzt werden (Fig. 57) und so fort.

II. Zeitliche Vorstellungen.

1. Die Unterschiedsschwelle des Zeitsinns.

Während die räumlichen Vorstellungen beim Kinde sehr gut entwickelt sind, scheint es in der Entwicklung der zeitlichen Vorstellungen zurückzubleiben*). Das ist natürlich von großer Bedeutung für die Pädagogik, nicht allein für alle historischen Fächer, sondern namentlich auch für das Auftreten des Rechenunterrichts, der sich wesentlich mit auf die zeitlichen Vorstellungen stützen muß (vgl. das Zählen).

Eine exakte Prüfung kann sich nur auf die kleinen, unmittelbar zu erfassenden Zeiten (nach Meumann von 0,3 bis 1,5 Sekunden) erstrecken. Die Prüfung der Unterschiedsempfindlichkeit

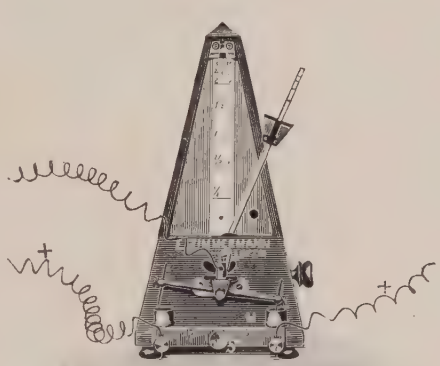


Fig. 58. Metronom mit Kontaktvorrichtung.

*) Vgl. Meumann, Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik. Engelmann, Leipzig 1907.

erfolgt am einfachsten in der Weise, daß man durch irgendeinen Apparat (Zeitsinnapparat) drei aufeinanderfolgende Taktschläge so herstellt, daß sie zwei ziemlich gleichgroße Zeiten abgrenzen, die nun zu vergleichen sind. Die gewöhnlich verwendeten Taktierapparate sind meist recht kostspielig, ich möchte darum folgendes einfache Verfahren empfehlen:

Das in Figur 58 abgebildete Metronom ist in der experimentellen Psychologie bekannt. Es unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Metronom nur dadurch, daß bei jedem Schlag ein Stift (rechts und links) in ein Näpfchen mit Quecksilber taucht, wodurch elektrische Ströme geschlossen und geöffnet werden können. Läßt man das Metronom drei Schläge ausführen (nach dem dritten Schlag muß es angehalten werden), so hat man die gewünschten zwei Zeiten, die sich aber zur Untersuchung deshalb nicht eignen, weil sie ja immer gleich sind. Nun geht das Metronom aber nur gleichmäßig, wenn es genau senkrecht steht. Neige ich es ein wenig, so wird der eine Schlag etwas länger als der andere. Mit dem Neigen des Apparates fahre ich so lange fort, bis die Versuchsperson die beiden Zeiten als verschieden auffaßt. Dann gilt es nur noch, die Zeiten zu messen. Das geschieht, indem man die Stromschlüsse, die am Metronom durch das Eintauchen der Metallstifte in die Quecksilbernäpfchen entstehen, dazu benutzt, um mittels eines einfachen Elektromagneten (mit einer Schreibborste) an einer durch Uhrwerk gedrehten Trommel, die mit berußtem Papier überzogen ist, drei Zeichen aufzuschreiben, aus deren Entfernung man sehen kann, wie groß die Zeiten waren.

2. Individuelle Unterschiede.

Es ist ein alter Streit, ob in bezug auf die Zeitvorstellungen schon bei Kindern große individuelle Verschiedenheiten zu beobachten seien. Manche behaupten es. Sie meinen, daß einzelnen Kindern der Sinn für Rhythmus und Takt, der Sinn für Zeitvorstellungen überhaupt, beinahe gänzlich abginge.

Damit wäre dann der Mißerfolg des Rechen- wie des Musikunterrichts bei diesen Schlechtveranlagten auf die leichteste Weise erklärt.

Es gibt aber viele, die das Vorhandensein so grundlegender Unterschiede leugnen, und darum ist hier eine Untersuchung besonders am Platze.

Sie kann in folgender Weise geführt werden. Das Kind bekommt die Aufgabe, in beliebiger Geschwindigkeit auf einen elektrischen Taster zu drücken. Bei jedem Druck schließt es einen Strom, der durch einen elektromagnetischen Schreiber geht. Dieser schreibt auf dem berußten Papier eines Kymographions jeden Druck auf*). Man kann nun nachmessen, ob das Klopfen des Kindes „im Takt" erfolgte. Daraus erkennt man, wie genau der Zeitsinn des Kindes beschaffen ist.

Figur 61 zeigt die erste Kurve, die ein neunjähriges Kind nach diesem Verfahren zuwege brachte. Die obere Linie ist die Kurve des Klopfens, die

*) Die Versuchsanordnung entspricht genau der in Figur 151 dargestellten. Nur benutzt man bei diesem Versuche ein Kymographion mit Uhrwerk. Die Beschreibung der Apparate erfolgt bei Figur 144.

untere zeigt Fünftelsekunden, aufgeschrieben mit dem Jaquetschen Chronographen, der in Figur 149 dargestellt ist. Man sieht, daß das Kind ganz von selbst recht genau im Takte klopft.

Eine schwierigere Aufgabe liegt vor, wenn der Lehrer ein bestimmtes Tempo vorgemacht hat (erstes Stück der oberen Kurve in Figur 60) und das Kind aufgefordert wird, in ganz gleichem Takte nachzuklopfen. (Zweites Stück der oberen Kurve in Figur 60.) Im Anfang reproduzierte das Kind, wie man sieht, recht

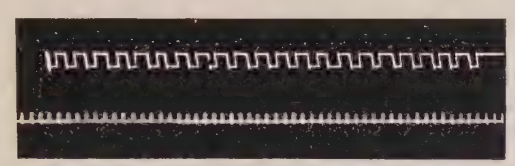


Fig. 59. Taktklopfen am Kymographion: Nach Gefallen.
Unten Zeitmarke: Fünftelsekunden.

Fig. 60. Taktklopfen am Kymographion: Nach Vorschrift.
Der vom Lehrer angegebene Takt wird im Anfang gut reproduziert.

Fig. 61. Schluß der Kurve in Fig. 60.
Das Kind kehrt allmählich zu seinem Lieblingstakt zurück (vgl. Fig. 59).

gut den vorgeschriebenen Takt, als ich es aber längere Zeit weiterklopfen ließ, kehrte es allmählich ganz von selbst zu seinem Lieblingstakt zurück (Fig. 61).

Zwei Größen können also bei diesen Untersuchungen gemessen werden, erstens die individuelle Taktart jedes Kindes und jeder Klassenstufe und zweitens die Unterschiedsempfindlichkeit für Zeitvorstellungen, die Genauigkeit, mit der ein vorgeschriebener Takt nachgeahmt wird.

Wenn ein Gesangslehrer seinen Zögling in bezug auf die Unterschiedsempfindlichkeit für Zeitvorstellungen und für Tonhöhen (Seite 65) geprüft hat, so hat er die wesentlichen Kennzeichen, nach denen er die „musikalische Begabung" genau beschreiben kann.

III. Statistik der Vorstellungen.

1. Analyse des kindlichen Vorstellungskreises mit Hilfe des sprachlichen Ausdrucks.

Bis jetzt haben wir nur der rein formalen Seite der Vorstellungsbildung unsre Aufmerksamkeit zugewendet. Es bleibt noch übrig, auf den Inhalt der Vorstellungen einzugehen.

Hier interessiert vor allem der Vorstellungsschatz der neueintretenden Schüler, an den selbstverständlich der erste Unterricht anknüpfen muß. Man kann sich über ihn durch eine einfache statistische Methode orientieren, indem man das Kind etwa fragt, ob es schon einen Schmetterling, eine Lerche, einen Apfelbaum, ein Bergwerk usw. gesehen hat*). (Fragemethode.)

Diese einfache Methode ist von Seyfert**) dahin verbessert worden, daß die Kinder an die Gegenstände (oder wenigstens an Abbildungen derselben) selbst herangeführt wurden und nun die Dinge zu benennen haben. (Benennungsmethode.) Die Vorzüge dieser Methode gegenüber der Fragemethode liegen auf der Hand***).

2. Analyse des kindlichen Vorstellungskreises mit Hilfe von Zeichnen und Formen.

Gegen beide angeführte Methoden lassen sich zwei Einwände vorbringen: Erstens sind sie außerordentlich zeitraubend, da jedes Kind einzeln gefragt werden möchte, und zweitens kann man infolgedessen die Untersuchung immer nur über eine bestimmte, beschränkte Anzahl von Vorstellungen (etwa 100) ausdehnen. Man erfährt mit Hilfe dieser Methode viel eher, was das Kind nicht weiß, als was es weiß.

Es ist darum erwünscht, eine Methode zu haben, bei der das Kind spontan den Kreis seiner Vorstellungen durchläuft und ausdrückt. Hier bietet sich als willkommenes Mittel das spontane Zeichnen†) und Formen des Kindes an.

Man kann die Aufgabe ganz allgemein stellen: Zeichnet, wozu ihr Lust habt! Aber auch Sonderaufgaben, etwa: Am Wasser, in der Stadt, die Stube u. s. f.

---

*) Vgl. Hartmann, Dr. B., Die Analyse des kindlichen Gedankenkreises. Kesselringsche Hofbuchhandlung, Frankfurt und Leipzig. 4. Aufl. 1906.

**) Vgl. Seyfert, Dr. R., Beobachtungen an Neulingen. Deutsche Schulpraxis. 13. Jhrg. Nr. 11. — 14. Jhrg. Nr. 23–26. Wunderlich, Leipzig 1893—94.

***) Ausführlich in Meumanns Vorlesungen.

†) Kerschensteiner, G., Die Entwicklung der zeichnerischen Begabung. Gerber, München 1905.

Levinstein, S., Kinderzeichnungen bis zum 14. Lebensjahre. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1905.

werden Erfolg versprechen. Solche Aufgaben sind in kurzer Zeit von allen Kindern gleichzeitig zu lösen*).

Bei diesen Untersuchungen werden wir vor allem sehen, was bei den Kindern im Mittelpunkte des Interesses steht, was „nach Ausdruck drängt". An den wenigen Zeichnungen eines Hamburger Knaben in den Figuren 62 und 63 verrät sich deutlich das Kind von der Wasserkante. Da sehen wir eine Schute mit Steinkohlen, der „Ewerführer" stößt mit dem Staken vom Pfahl ab, da sehen wir

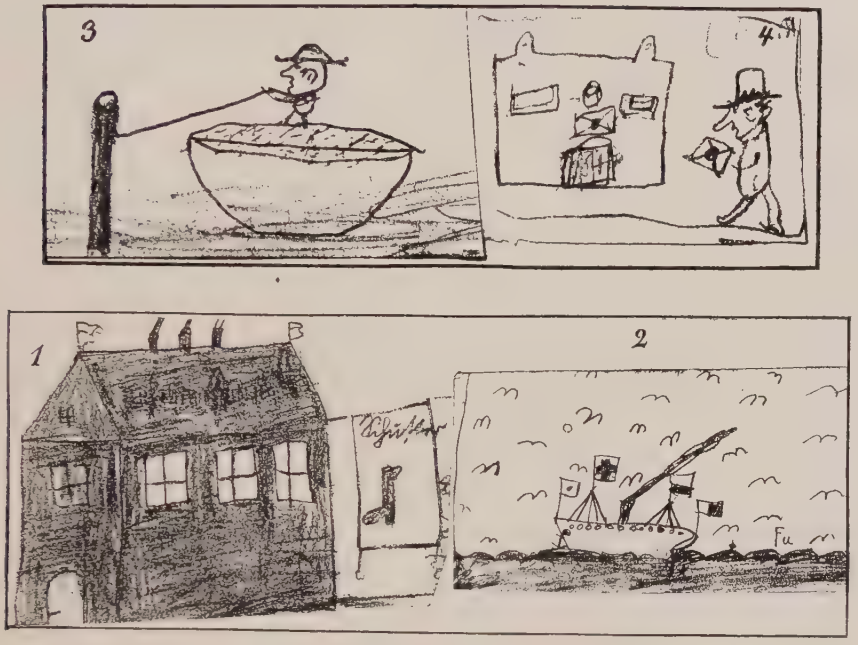


Fig. 62 u. 63. Gedächtniszeichnungen eines Hamburger Kindes.
(Aus E. Weber, Kinderzeichnungen und ihre Bedeutung für den ersten Unterricht. Neue Bahnen, Mai 1906.)

das Dampfschiff mit Esse und Flaggen, sturmbewegtes Meer und Möwen; welche Fülle von Vorstellungen in den wenigen Zeichnungen!

Welchen tiefen Einblick spontane Zeichnungen auch in die ganze Konstitution des Vorstellungskreises versprechen, davon geben die Figuren 64 bis 66 ein Bild: Gedächtniszeichnungen von Geisteskranken**). In Figur 64 verrät sich deutlich die ganze Zerrissenheit der Vorstellungswelt des unglücklichen Kranken. Ein ganz

*) Systematische Untersuchungen in dieser Richtung liegen bisher nicht vor.

**) Vgl. Mohr, Dr., Zeichnungen von Geisteskranken. Zeitschrift für angewandte Psychologie. II., 1908, A. Barth, Leipzig.

anderes Bild bietet Figur 65. Die Krankheit ist bei dieser Kranken weiter vorgeschritten, und die von ihr gezeichneten Figuren sind (auf vielen Bogen) immer wieder dieselben Tiere und Münzen. Die Vorstellungsarmut dieser Kranken, ihr „Kleben" an denselben Vorstellungsinhalten, verrät sich deutlich in ihren Zeichnungen. Figur 66 läßt uns einen Blick auch in die Gefühlswelt des Unglücklichen tun. Er leidet an Halluzinationen schreckhafter Art, und das Unheimliche der ihn beherrschenden Vorstellungen (neben der Zerfahrenheit des Vorstellungsinhalts wie bei Figur 64) ist nicht zu verkennen.

Fig. 64. Gedächtniszeichnung eines Geisteskranken (Jugendirresein). (Aus Mohr, Dr., Zeichnungen von Geisteskranken. Zeitschr. f. angewandte Psychologie. Barth, Leipzig 1908.)

Das waren drei Fälle von Jugendirresein, jeder mit einer eigentümlichen Zerstörung des Vorstellungsmaterials, die in allen drei Fällen deutlich zum Ausdruck kommt.

Und so wie Dr. Mohr vorschlägt, die Zeichnungen der Kranken für die Diagnostik zu verwerten, so können auch wir die Diagnose unsrer vollsinnigen Kinder bei ihrem Eintritt in die Schule durch das Studium ihrer Zeichnungen vervollständigen.

In ähnlicher Weise läßt sich natürlich auch das Formen verwenden, wo die technische Fertigkeit vorhanden ist. Figur 67 zeigt die Arbeiten von Kindern verschiedener Altersstufen. Es verrät sich in diesen Arbeiten nicht allein der Fortschritt in der Technik und in der Raum-

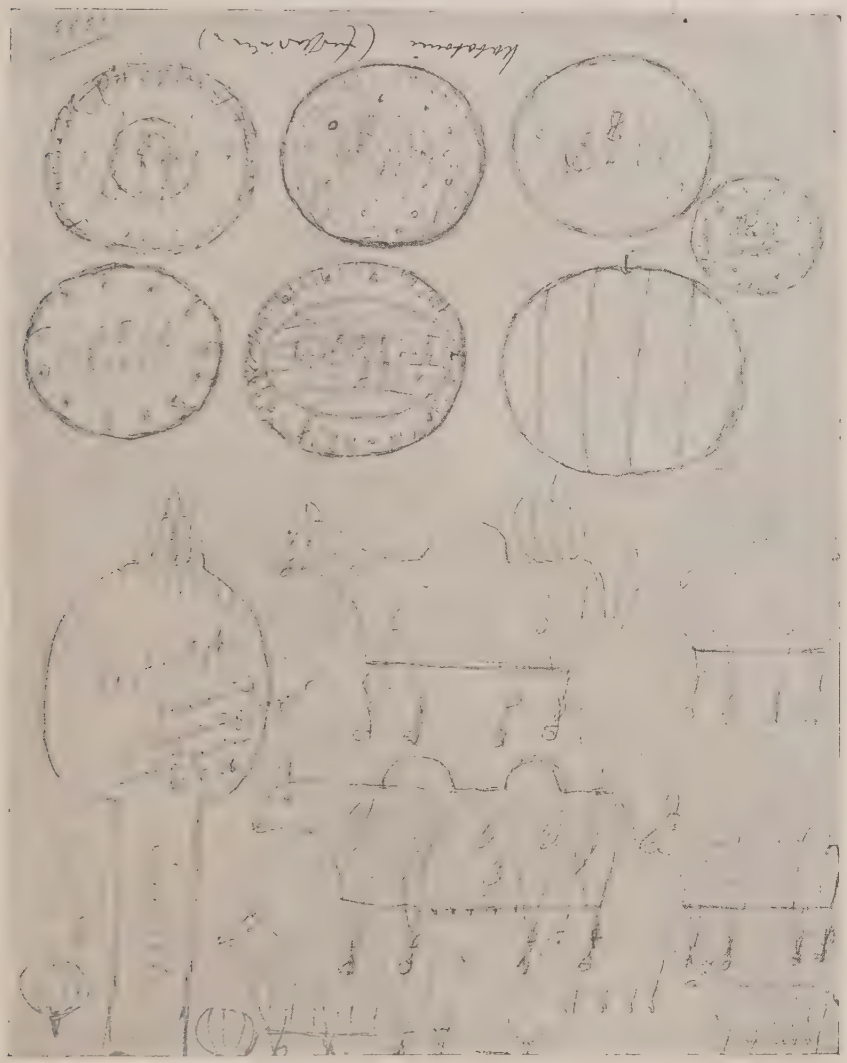


Fig. 65. Gedächtniszeichnung einer Geisteskranken (Jugendirresein bei stark fortgeschrittener Verblödung). (Aus Mohr, Dr., Zeichnungen von Geisteskranken. Zeitschr. f. angewandte Psychologie, Barth, Leipzig 1908.)

anschauung, sondern auch das völlig veränderte Vorstellungsgebiet, aus dem das einzelne Kind schöpft.

Die Statistik der Vorstellungen liefert dem Lehrer, wie schon gesagt, den Anknüpfungspunkt für seine Tätigkeit in der Schule. Je nachdem, ob seine

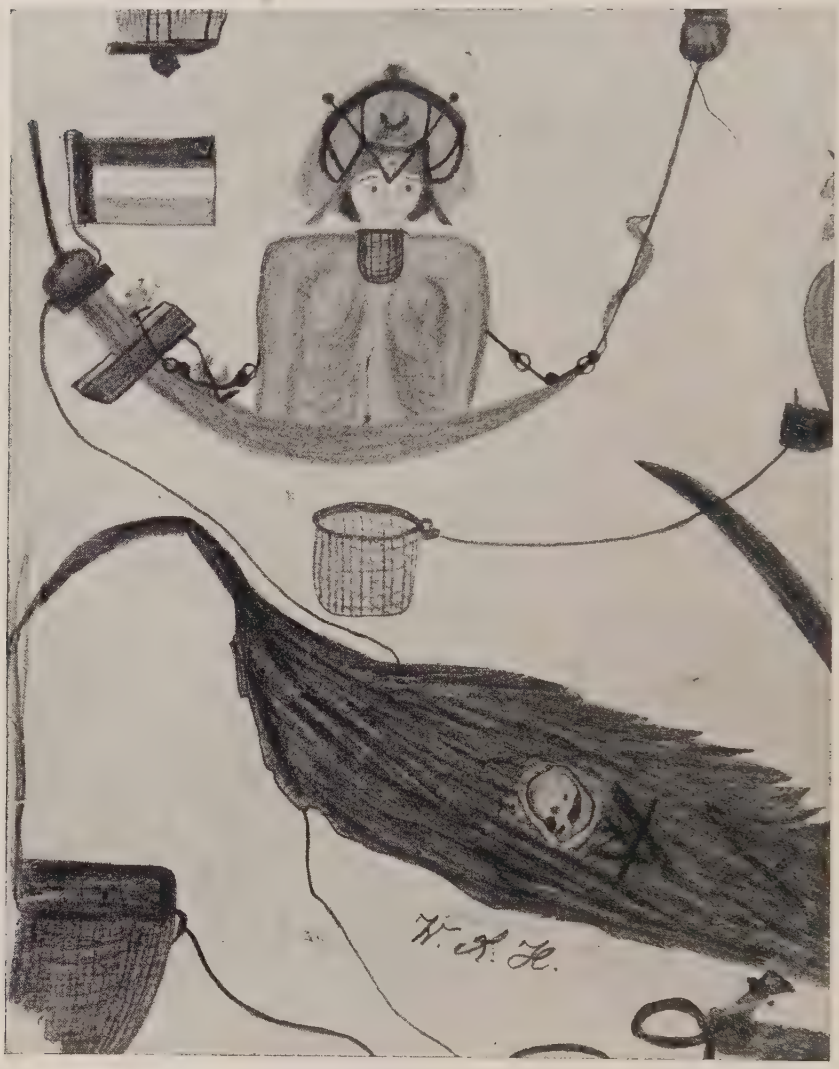


Fig. 66. Gedächtniszeichnung eines Irren (Jugendirresein).
(Aus Mohr, Dr., Zeichnungen von Geisteskranken, Zeitschr. f. angewandte Psychologie. Barth, Leipzig 1908.)

Kinder dem platten Lande oder dem Gebirge, der Großstadt oder dem Lande, armen oder reichen Bevölkerungsschichten entstammen, wird er ein verschiedenes Material vorfinden.

Falsch aber wäre es, wenn er die gefundenen Unterschiede, etwa zwischen

Lotte W.: 1. ($5^1/_2$ J.) Trichter, 2. ($5^1/_2$ J.) Ballschläger, 3. (6 J.) Windmühle, 4. ($6^1/_2$ J.) Gänseblume, 5. ($6^1/_4$ J.) Mutter, ihr Kind badend, 7. u. 8. (6 J.) Lampe und Hut. — 6. Maria J.: (9 J.) Puppenwagen.

Lotte W.: 1. ($5^1/_2$ J.) Frosch, 3. ($6^1/_2$ J.) Schnecke. Helmut W.: 2. ($3^3/_4$ J.) Schwein, 4. ($4^1/_2$ J.) Pferd, 5. ($6^1/_4$ J.) Schaf, 6. ($6^1/_2$ J.) Ziegenbock.

Helmut W.: 1. ($6^3/_4$ J.) Schlafender Hund, 2. ($6^7/_4$ J.) Schutzmann, 3., 4. u. 5. ($6^3/_4$ J.) Hirschfamilie, 6. ($6^3/_4$ J.) Pferd mit Zaumzeug.

Fig. 67. Entwicklung des Formensinns zweier Geschwister (Knabe und Mädchen) von 5 bis 6 Jahren. (Aus: Weißenborn, Das Formen ein Ausdrucks- und Erziehungsmittel. Neue Bahnen, 17. Jahrgang, 1905 06.)

arm und reich, zum Ausgangspunkt und zur Begründung einer verschiedenen Beschulung (einfache und „höhere" Volksschule) nehmen wollte.

Denn die Summe der von einem sechsjährigen Kinde in die Schule gebrachten Vorstellungen richtet sich wesentlich nach den Erfahrungen, die ein Kind in den (günstigen oder ungünstigen) Verhältnissen seiner Umgebung sammeln konnte, nicht aber nach seinen Anlagen.

Eine verschiedene Beschulung aber kann, wo sie überhaupt notwendig ist, nur mit einer wesentlich verschiedenen Begabung begründet werden. Hier sind Untersuchungen über die Unterschiedsempfindlichkeit, über Gedächtniskraft usw. allein maßgebend.

D. Gefühle.

I. Die Ausdrucksmethode.

So verschieden auch von den Psychologen das Wesen des Gefühls definiert worden ist, in einem Punkte stimmen doch die meisten überein, daß die Gefühle*) diejenigen Bewußtseinsvorgänge sind, die unserm Ich am nächsten stehen. Wundt z. B. sagt: Das Gefühl ist uns in der Erfahrung gegeben als die subjektive Reaktion des Bewußtseins auf den äußern Eindruck.

Damit ist aber ohne weiteres zuzugeben, daß der Untersuchung der Gefühle ganz besondere Schwierigkeiten entgegenstehen. Ist die Selbstbeobachtung, namentlich für Kinder, schon an und für sich etwas Schwieriges, so wachsen die Schwierigkeiten ins Ungemessene, wenn die zu beobachtenden Vorgänge mit dem beobachtenden Ich die engste Verbindung haben, wie es bei den Gefühlen tatsächlich der Fall ist.

Es kommt aber noch eine weitere Schwierigkeit hinzu. Die Empfindungen sind verhältnismäßig konstante Gebilde. Wenn ich z. B. das Grün einer Wiese längere Zeit beobachte, so bleibt zwar das Grün keineswegs dasselbe, es ändert sich vom ersten Augenblick der Betrachtung an, wie man leicht feststellen kann, wenn man die Farbe nur mit einem Auge betrachtet und dann von Zeit zu Zeit das andre Auge zum Vergleich öffnet. Man sieht dann, daß für das Auge, auf das der Farbeneindruck dauernd einwirkt, die Farbe sich recht erheblich in der Sättigung abschwächt. Immerhin sind das aber nur Gradunterschiede. Dagegen ist es jedermann bekannt, daß wir es bei den Gefühlen, ihrem subjektiven Charakter entsprechend, mit einem sehr wechselnden Gefühlsverlauf zu tun haben, wobei ein Gefühl sich unter Umständen in das gerade Gegenteil verkehren kann. Die herrlichste Melodie kann unerträglich werden, wenn wir sie tausendmal hintereinander hören müssen. Die Empfindungswirkung ist aber auch bei der tausendsten Wiederholung im wesentlichen noch dieselbe wie beim ersten Eindruck.

*) Die einfachen Gefühle sind neben den Empfindungen die einzigen Elemente des Bewußtseins, sie hätten also eigentlich vor den Vorstellungen besprochen werden müssen. Doch richtet sich die Darstellung hier mehr nach den anzuwendenden Methoden. Außerdem soll die Untersuchung der einfachen und zusammengesetzten Gefühle im Zusammenhang behandelt werden.

Fig. 68. Versuchsanordnung zur Untersuchung von Puls und Atmung beim Betrachten von Bildern.

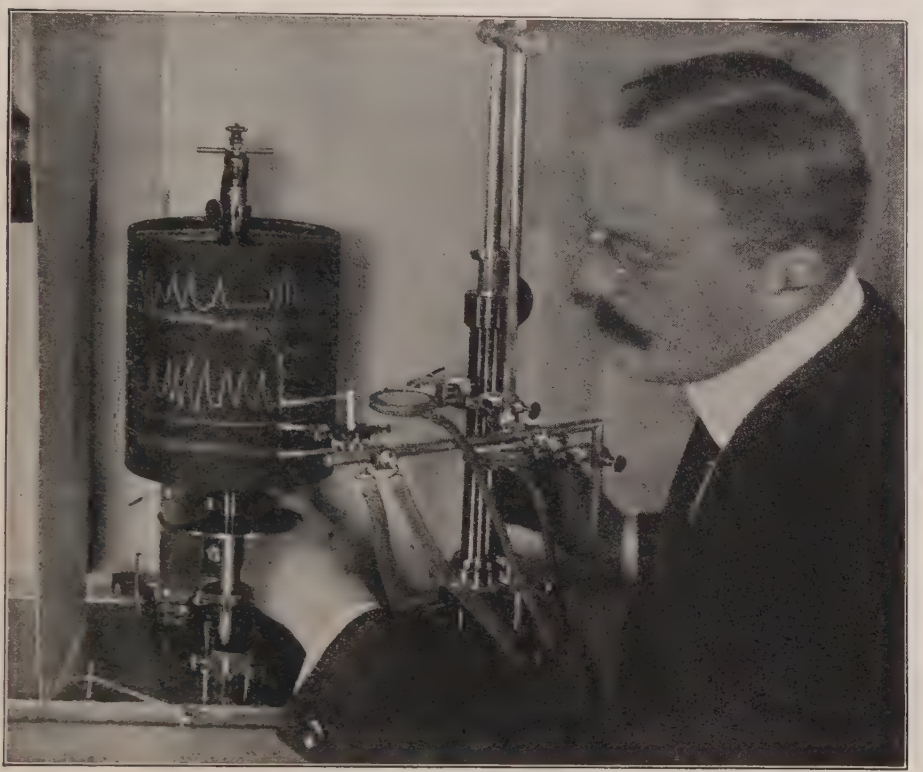


Fig. 69. Kymographion und Schreibapparate bei der Versuchsanordnung in Fig. 68.

Es besteht aber noch eine weitere Schwierigkeit. Bei der Untersuchung von Empfindungen benutzten wir die einfache Eindrucksmethode*). Wir ließen einen Reiz, einen Eindruck, wirken und beobachteten die Veränderungen in unserm Bewußtsein. Diese reine Eindrucksmethode ist bei der Untersuchung der Gefühle nur indirekt anwendbar. Nehmen wir an, eine Person empfindet süße Stoffe nicht angenehm. Ich darf daraus noch nicht den Schluß ziehen, daß hier eine Gefühlsanomalie vorliege. Es könnte ja sein, daß (infolge irgendwelcher physiologischer Verhältnisse) die Versuchsperson den betreffenden Stoff gar nicht als „süß" empfindet. Dann kann sich natürlich auch das zu erwartende Gefühl des Angenehmen nicht einstellen. In diesem Falle läge also nicht eine Gefühls-,

*) Eindrucksmethoden sind ja schließlich alle Methoden der experimentellen Psychologie. Man pflegt aber die einfachen Eindrucksmethoden, die nur vom Einwirken eines Reizes und der sich anschließenden Selbstbeobachtung Gebrauch machen, als Eindrucksmethoden schlechthin zu bezeichnen.

sondern eine Empfindungsanomalie vor. Wir müßten also beim Gebrauch der Eindrucksmethode hier jedesmal doppelt fragen: erstens, ob sich die betreffende Empfindung eingestellt hat, und zweitens, welches Gefühl im Anschluß daran auftrat.

1. Wesen der Ausdrucksmethode.

Angesichts dieser Schwierigkeiten ist es höchst erwünscht, daß wir zur Untersuchung der Gefühle über eine andere Methode verfügen, die sogenannte Ausdrucksmethode.

Die Ausdrucksmethode stimmt mit der Eindrucksmethode insofern überein, als wir auch hier einen Reiz einwirken lassen, dessen Wirkung durch die Selbst-

Fig. 70. Der Jüngling zu Nain.
(R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

beobachtung (nach der Gefühlsseite hin) kontrolliert wird. Nebenbei aber beobachtet der Experimentator an der Versuchsperson gewisse körperliche Veränderungen, die sogenannten Ausdrucksbewegungen, deren Studium — neben der Selbstbeobachtung — einen wesentlichen Teil der Ausdrucksmethode ausmacht.

Daß bei lebhaften Gefühlen sich der Gesichtsausdruck verändert, ist bekannt, ebenso daß unser Herz anders schlägt, daß der Rhythmus der Atmung ein andrer ist, wenn wir von Freude oder von Schmerz bewegt sind. Und jedermann weiß, daß bei Trauer und heftiger Freude Tränen fließen. Also auch die Sekretion gewisser Drüsen wird von den Gefühlen beeinflußt.

Die Ausdrucksmethode sucht nun (neben der Selbstbeobachtung) alle diese körperlichen Symptome genau (quantitativ) zu bestimmen und dadurch zu gewissen Aufschlüssen zu gelangen.

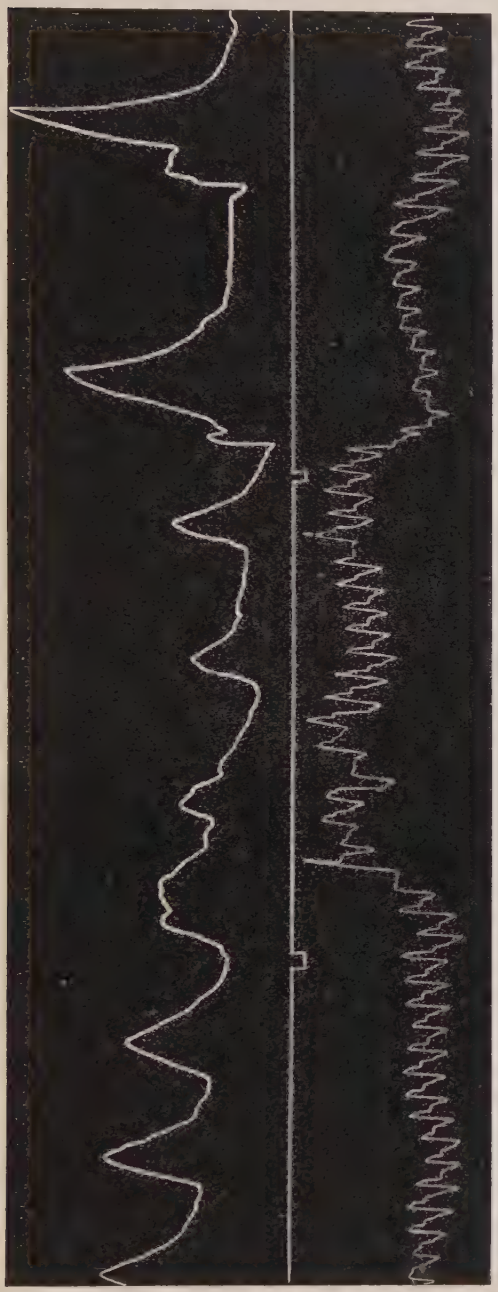


Fig. 71. Atmung und Puls beim Betrachten des Bildes: Jüngling zu Nain. (Heinz H., 14 Jahr.)

Fig. 72. Atmung beim Betrachten des Bildes: Jüngling zu Nain. (Richard O., 12 Jahr.)

Folgende Änderungen sind einer Messung zugänglich:

1. Die eigentlichen Ausdrucksbewegungen.
   a) Die mimischen Bewegungen, die Änderungen im Gesichtsausdruck.
   b) Die pantomimischen Bewegungen, die Änderungen in den Bewegungen der Glieder und des Körpers.
2. Die sogenannten Ausdruckssymptome.
   a) Veränderungen des Pulses.
   b) Veränderungen der Atmung.
   c) Veränderungen in der Absonderung der Drüsen.

Fig. 73. Abraham und Lot.
(R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

2. Nutzen der Ausdrucksmethode.

Nehmen wir an, wir haben durch viele Versuche an Kindern festgestellt, daß bei Lustgefühlen das Herz langsamer und kräftiger schlägt als gewöhnlich. Jetzt untersuchen wir ein neues Kind, wir finden den Puls, entsprechend einer ruhigen Gemütslage, ganz normal. Plötzlich bemerken wir, daß der Puls kräftiger und langsamer schlägt. Es wäre nun durchaus falsch, zu schließen, das Kind habe jetzt ein Lustgefühl. Denn eine Verlangsamung und Kräftigung des Pulses kann tausend andere Ursachen haben. Selbst in dem Falle, wenn wir einen Reiz (etwa Zucker) einwirken ließen, bei dem ein Lustgefühl wirklich zu erwarten ist, berechtigt das Auftreten der Pulsveränderung für sich allein noch nicht zu einem Schlusse über den Gefühlszustand der Versuchsperson, wenn nicht eine gleichlautende Aussage derselben hinzukommt oder wenn wir nicht anderswoher Kriterien nehmen können, die uns den Schluß nahelegen.

Fig. 74. Atmung und Puls bei Betrachtung des Bildes: Abraham und Lot. (Heinz H., 14 Jahr.)

Fig. 75. Atmung bei Betrachtung des Bildes: Abraham und Lot. (Richard O., 12 Jahr.)

Man fragt sich unwillkürlich: Ja, was nutzt dann überhaupt die Ausdrucksmethode? Auf diese Frage hat Wundt eine prägnante Antwort gefunden: Das Auftreten eines Ausdruckssymptoms ist nicht ein *Beweis*, sondern nur ein *Hinweis* auf das Vorhandensein eines bestimmten Gefühlszustandes.

Was das bedeutet und welcher Leistungen die Ausdrucksmethode trotz dieser Einschränkung fähig ist, das läßt sich am besten aus der Geschichte der Psychologie der Gefühle belegen. Ein Schüler Wundts untersuchte zum ersten Male die Veränderungen des Pulses bei Lust- und Unlustgefühlen und fand bestimmte Beziehungen zwischen diesen Gefühlen und den Eigenschaften des Pulses. Nun traten aber bei *gewissen* Lust- und Unlustgefühlen noch *andere* Veränderungen des Pulses auf, die sich dem gefundenen allgemeinen Gesetz nicht ein-

Fig. 76. Jesus im Sturm auf dem Meere.
(R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

ordnen ließen und die aus diesem Grunde schwer zu deuten waren. Wundt betrachtete dies nun als einen Hinweis darauf, daß vielleicht die alte Theorie der Gefühle, die nur *zwei* einfache Gefühlsqualitäten (Lust und Unlust) annahm, nicht richtig sei, und daß sich bei geschärfter Selbstbeobachtung noch andere einfache Gefühle auffinden lassen. Und seine Selbstbeobachtung führte ihn tatsächlich zu der Behauptung, daß noch mehr solcher Gefühlspaare, nämlich Erregung — Beruhigung und Spannung — Lösung, existieren. Auf diese Weise hat in der Psychologie die dreidimensionale Gefühlstheorie Wundts auf Grund der Resultate der Ausdrucksmethode ihren Eingang gefunden*).

*) Welche Veränderungen des Pulses den einzelnen Gefühlen zuzusprechen sind, darüber herrscht heute nicht völlige Einigkeit. Wenn aus diesem Grunde viele Psychologen die dreidimensionale Theorie überhaupt nicht gelten lassen wollen, so verkennen sie die

In der Pädagogik können wir die Ausdrucksmethode in ganz ähnlicher Weise benutzen. Wir wollen einen recht schwierigen Fall wählen. Es liegen unsrer Beurteilung drei neue Bilder vor: Figur 70: Der Jüngling von Nain, Figur 73: Abraham und Lot, Figur 76: Sturm auf dem Meere*), Bilder, die zweifellos auf den Erwachsenen eine starke Gefühlswirkung ausüben, und zwar jedes Bild in einer besonderen Richtung.

Ob auch bei Schulkindern diese Bilder starke und verschiedene Gefühle auslösen? Man könnte die Kinder darum befragen, wie manche Psychologen für solche Fälle vorgeschlagen haben. Was dabei herauskommt, das weiß jeder, der mit Kindern umzugehen hat. Nichts liegt ihnen ferner, als Auskunft über ihr Gemütsleben zu geben, und nichts ist darum verkehrter, als solche Fragen zu stellen, ohne die Aufrichtigkeit der Antworten mit irgendwelchen objektiven Kriterien zu prüfen. Zu einer solchen Prüfung eignet sich nun aber die Ausdrucksmethode.

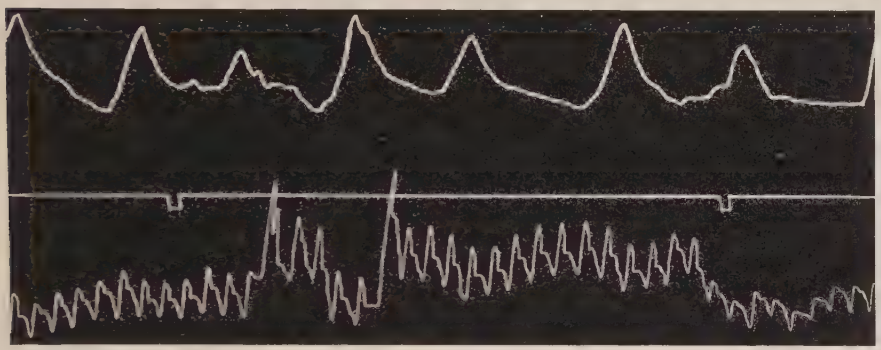


Fig. 77. Atmung und Puls beim Betrachten des Bildes: Jesus im Sturm auf dem Meere. (Heinz H., 14 Jahr.)

Ich schrieb Atmung und Puls eines 14jährigen Knaben auf und zeigte ihm dabei das Bild. In Figur 68 sehen wir die Versuchsanordnung. Der Knabe sitzt hinter einem Pappkasten, der an der Vorderwand eine Tür hat. Beim Öffnen und Schließen der Tür drückt man auf einen elektrischen Knopf. Dadurch wird ein Strom geschlossen, und ein kleiner Elektromagnet macht an den betreffenden Stellen Zeichen. Figur 69 zeigt die Schreibapparate, oben den Atemschreiber, unten den Pulsschreiber, in der Mitte den kleinen Markiermagneten.

Betrachten wir nun die Veränderungen von Puls und Atmung beim Erscheinen des Bildes: Der Jüngling zu Nain (Fig. 71). Bei der ersten Marke der mittleren Linie geht die Tür auf, und das Bild wird sichtbar. Der Puls

Bedeutung der Ausdrucksmethode, die eben nur die Beobachtung leiten, niemals aber selbst psychologische Entscheidungen geben kann. Die endgültige Entscheidung ist nur auf Grund der Selbstbeobachtung zu treffen.

*) Steinzeichnungen von Haueisen aus R. Voigtländers Verlag.

(untere Kurve) springt im selben Augenblick nach oben, während er beim Schließen der Tür (zweites Zeichen der mittleren Linie) ebenso plötzlich absinkt. Sowohl beim Öffnen als beim Schließen der Tür erfolgt also eine unbeabsichtigte ruckweise Bewegung der Hand, die beim Bilde: Der Sturm auf dem Meere (Kurve 77) in ähnlicher Weise auftritt, bei Abraham und Lot aber (Kurve 74) gänzlich fehlt.

Der Puls selbst aber scheint in Figur 71 außer diesen gewaltsamen Verlagerungen keine wesentlichen Veränderungen aufzuweisen, wenigstens wage ich bei der Unregelmäßigkeit der Kurven keine weiteren Schlüsse zu ziehen.

Ganz auffällig ist dagegen die Atemveränderung. Bis zum Öffnen der Tür ein regelmäßiger Atem (obere Kurve), dann ganz flache, unregelmäßige Züge und sofort beim Schließen der Tür, also beim Verschwinden des Bildes, ein zweimaliges tiefes Aufatmen. Namentlich das letztere scheint charakteristisch zu sein, es trat bei einem 12jährigen Knaben (Fig. 72) in gleicher Weise auf*).

Ganz anders die Wirkung bei dem Bilde: Abraham und Lot (Fig. 74). Atem und Puls gehen gleichmäßig ruhig weiter. Keine Spur von gewaltsamen Verlagerungen des Pulses, keine Spur von einem tiefen Aufatmen, weder bei dem 14jährigen noch bei dem 12jährigen Knaben (Fig. 75).

Der Sturm auf dem Meere ergab unregelmäßigen Atem und Verwackelungen des Pulses. Ob ein Aufatmen eintrat, konnte ich leider nicht feststellen, da der Umlauf der Trommel vorzeitig beendet war. Bemerkenswert ist aber, daß der Puls während der Betrachtung des Bildes größer ist als vorher. Starker Puls gilt aber nach Wundt als Zeichen der Erregung.

Nun glaube ich dem Knaben, wenn er mir sagt, daß das Bild Der Sturm auf dem Meere dasjenige war, das von allen ihm gezeigten Bildern ihn am meisten erregt habe**). Ohne den objektiven Befund am Puls würde ich seiner Aussage nur eine sehr geringe Bedeutung beigemessen haben.

Auf Grund der beschriebenen Kurven aber, im Verein mit den Aussagen des Knaben wage ich nun die Behauptung aufzustellen, daß durch die drei Bilder in dem Knaben Gefühle ausgelöst wurden, starke Gefühle ganz verschiedener Art. Diese Gefühle genauer zu analysieren, wäre die Aufgabe einer eingehenderen Untersuchung. Interessant wäre dabei, zu vergleichen, ob auch die früher in unsern Schulen beliebten, saft- und kraftlosen Bilder von ähnlicher Wirkung auf Puls und Atmung sind.

Die Untersuchung der Kinder mit Hilfe der Ausdrucksmethode verspricht aber nicht nur für die Pädagogik, sondern auch für die Psychologie wichtige Resultate, weil zu erwarten ist, daß die Kinder auf gewisse einfache Gefühle lebhafter und natürlicher reagieren als die Erwachsenen.

So ist es bei Erwachsenen schwierig, durch Einwirkung eines süßen Geschmacks die Ausdruckssymptome des Lustgefühls zu erhalten, aus dem höchst einfachen Grunde, weil der süße Geschmack bei vielen gar kein Lustgefühl auslöst. So erhielt ich bei der schon früher erwähnten Untersuchung unter fünf Versuchs-

*) Daß das Aufatmen auch hier gerade zweimal auftrat, ist natürlich nur Zufall.
**) Die Urteilsabgabe erfolgte bei dem intelligenten Knaben spontan.

Fig. 78. Untersuchung von Puls und Atmung beim Einwirken von Geschmacksreizen.

personen bei drei von ihnen durchaus negative Resultate*). Bei Kindern, namentlich bei Mädchen, sind bessere Resultate zu erhoffen. Figur 78 zeigt die Anordnung bei solchen Geschmacksversuchen. Der Knabe erhält mit einer Pipette einige Tropfen einer Flüssigkeit verabreicht. Dabei werden Puls und Atmung untersucht.

Der bittere Stoff, Aloe, wirkt drastisch auf den Puls (Fig. 79). Im Augenblick, wo der Reiz eintritt, bei der auf der oberen Linie verzeichneten Marke, wird der Puls kleiner und schneller, wie Wundts Theorie es für die Unlustwirkung voraussetzt.

Die Zuckerwirkung (Fig. 80) ist weniger deutlich. Erst im zweiten Teil des Versuchs tritt eine Vergrößerung des Pulses ein, von einer Verlangsamung

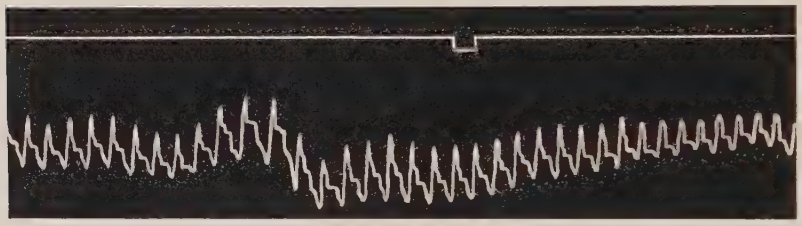


Fig. 79. Pulsänderung beim Schmecken von Aloe. (Heinz H., 14 Jahr.)

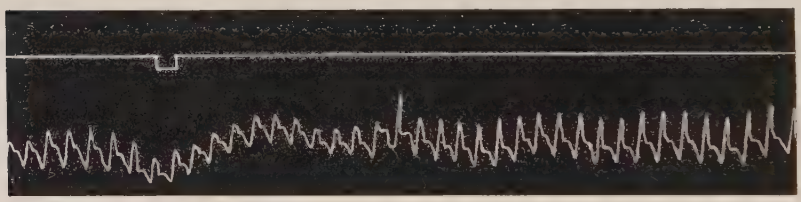


Fig. 80. Pulsänderung beim Schmecken von Zucker. (Heinz H., 14 Jahr.)

desselben ist nichts zu merken. Hier sind Versuche mit Mädchen besonders zu empfehlen. —

Die Ausdrucksmethode gibt nicht nur Hinweise auf vorhandene Gefühlszustände, sie kann auch in gewissen Fällen zur Verifizierung der Selbstbeobachtung beitragen. Dafür noch ein Beispiel. Manche schwachsinnige Kinder zeigen eine Vorliebe für widrige Gerüche. Sie behaupten, diese Gerüche seien angenehm. Es wäre nun möglich, daß in diesem Falle nur eine Störung der Geruchs-

*) Ich erhielt bei Einwirkung von Zucker folgende Aussagen:
A: „Ziemlich angenehm, später zu süßlich." (Lehrer Mosebach, Zwenkau.)
B: „Ein eigentliches Lustgefühl ist nicht eingetreten." (Seminarlehrer Scheibner, Leipzig.)
C: Das Süß dieser Art ist mir eigentlich unangenehm." (Oberlehrer Gurland, Riga.)

empfindlichkeit vorliegt, so daß die Gerüche vielleicht überhaupt nicht in ihrer spezifischen Qualität empfunden werden. Läßt sich aber durch die Ausdrucksmethode zeigen (etwa durch Untersuchung des Pulses), daß wirklich die charakteristischen Symptome des Lustgefühls beim Einwirken dieser Gerüche auftreten, so ist die Angabe des Kindes verifiziert, bewahrheitet. Dann aber muß man annehmen, daß eine tiefgehende Störung des Gefühlslebens vorliegt, und das Kind muß in einer Anstalt untergebracht werden.

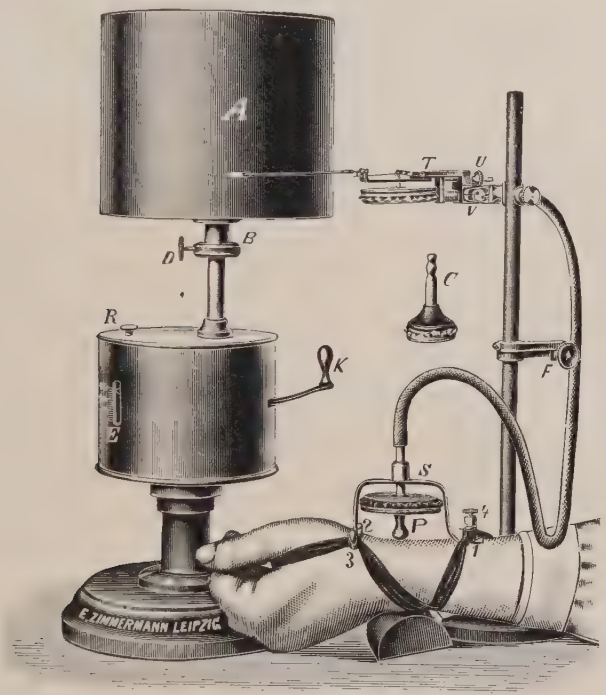


Fig. 81. Kymographion und Apparate zur Pulsschreibung.

II. Untersuchung von Ausdruckssymptomen.

1. Pulsuntersuchung.

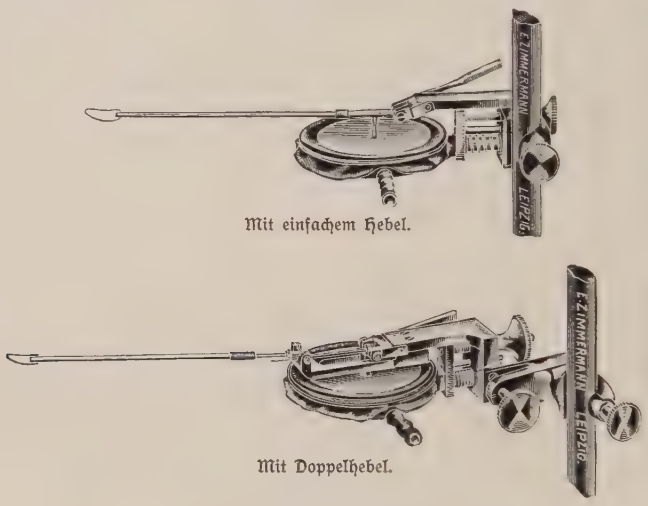
Es ist notwendig, daß wir nun die Apparate im einzelnen beschreiben, deren man sich in der Psychologie zur Untersuchung des Pulses bedient. Die verhältnismäßig rohen Methoden, von denen der Arzt mit Nutzen für seine Praxis Gebrauch macht, die Inspektion des Pulses (die Beobachtung der Stellen, wo der Puls sichtbar schlägt), die Palpation (die Befühlung des Pulses, besonders des

sogenannten Radialispulses an der Handwurzel) und die Auskultation (die Behorchung des Pulsschlages, besonders des Herzens), sind für die Psychologie nicht brauchbar, weil es sich hier um viel feinere Unterschiede handelt. Es ist darum notwendig, daß wir den Puls aufschreiben, damit wir ihn dann nach allen seinen Eigenschaften genau untersuchen können. Wir brauchen also eine graphische Methode.

a) Der Druckpuls.

Apparate, die den Puls aufzeichnen, nennt man Sphygmographen, Pulsschreiber.

Wenn man ein Bein über das andere schlägt, so bemerkt man, daß der Unterschenkel des zu oberst liegenden Beines, dem Rhythmus des Pulses folgend,



Mit einfachem Hebel.

Mit Doppelhebel.

Fig. 82. Marey'scher Tambour.

hin- und herschwingt. Die in der Kniekehle liegende Arterie des Beines wird stark zusammengepreßt. Wenn nun eine neue Blutwelle ankommt, so stößt sie auf das Hindernis, drängt sich gewaltsam durch und hebt infolge des verstärkten Druckes das Bein ein wenig in die Höhe. Wenn ich nun an der Spitze des Fußes ein berußtes Papier gleichmäßig vorbeiführte, so würde der Fuß die Bewegungen des Pulses auf das Papier aufschreiben. Da hätten wir schon einen Sphygmographen. Genauere Resultate werden wir erhalten, wenn wir (etwa auf die Spitze des Herzens) einen leichter beweglichen Hebel (etwa aus Schilf, oder einen Strohhalm) aufsetzen, dessen einen Hebel (mit der Schreibspitze) wir bedeutend verlängern, damit die geringe Bewegung des Herzens vergrößert aufgeschrieben wird.

Die Pulsschreibung wird wesentlich bequemer, wenn man den Aufnahmeapparat, der auf der schlagenden Pulsstelle aufsitzt, von dem Schreibapparat ab-

Fig. 83. Berußen der Trommel.

trennt. Einen solchen Sphygmographen sehen wir in Figur 81. An der Hand ist mit Bändern ein Gestell befestigt, in dem sich eine flache, hohle Metallkapsel befindet, die unten mit einer dünnen Gummimembran überzogen ist. Auf dieser Membran ist eine dünne Metallblechscheibe mit Siegellack aufgekittet, und diese trägt in der Mitte ein kleines hölzernes Knöpfchen, die Pelotte (P). Ich schiebe nun die Blechkapsel so weit hinunter, bis die Pelotte gerade auf den schlagenden Puls auftrifft. Bei jeder neu ankommenden Pulswelle wird die Pelotte mit der Blechscheibe nach oben (in die Kapsel hinein) gedrückt werden. Ist die Pulswelle vorbei, so sinkt die Pelotte wieder. In der Blechkapsel wird also die Luft ab-

Fig. 84. Fixieren und Trocknen von Kurven.

wechselnd verdichtet und verdünnt werden. Diese Verdichtungen und Verdünnungen der Luft pflanzen sich durch den Gummischlauch nach dem Schreibapparat (T), dem sogenannten Mareyschen Tambour, fort, der aus einer ganz ähnlichen Kapsel besteht, die aber o b e n mit einer Gummimembran überzogen ist. Auf der Mitte derselben sitzt ein kleiner Stift, und auf demselben lagert eine Stahlnadel, die also den Bewegungen des Pulses genau folgen wird. Damit der Puls noch deutlicher zu sehen ist, ist auf das Ende der ersten Nadel ein zweiter einarmiger Hebel (eine Stahlnadel mit aufgeschobenem Strohhalm, der an seinem

Ende eine Schreibspitze trägt, bei A) aufgesetzt, so daß die Pulsbewegung 50- bis 80 mal vergrößert wird (vergl. auch Fig. 82). Ein gut geschriebener Puls ist etwa 1 cm hoch. Links von der Hand sehen wir nun ein sogenanntes Kymographion (Wellenschreiber), das im wesentlichen aus einem Uhrwerk besteht, durch welches eine große Trommel gleichmäßig gedreht wird. Vor dem Versuch nimmt man die Trommel ab, überzieht sie mit einem glatten Papier (das Papier wird vorher etwas befeuchtet, damit es sich glatt spannt) und berußt das Papier, indem man die Trommel über einer Petroleumlampe (ohne Zylinder) langsam dreht (Fig. 83). Nun setzt man die Trommel wieder auf, dreht an der Schraube V so lange, bis die Spitze des Schreibers gerade antrifft, und läßt das Uhrwerk laufen. Der Schreiber zeichnet nun die Pulskurve auf. Ist die Trommel vollgeschrieben, so schneidet man das Papier (an der Klebstelle) vorsichtig ab, zieht es durch eine Lösung von Schellack in Spiritus, wie sie zum Fixieren von Kohlezeichnungen usw. verwendet wird (Fig. 84), läßt es trocknen (Fig. 84) und kann nun die Kurven zu späterem Studium aufbewahren*).

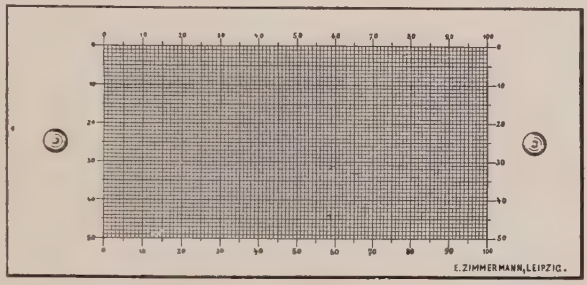


Fig. 85. Glastafel mit Millimetereinteilung zum Ausmessen der Kurven.

Die Form des Aufnahmeapparats wird sich natürlich nach der zu untersuchenden Stelle des Körpers richten. Zur Untersuchung der Carotis, der Halsschlagader, braucht man als Aufnahmeapparat die Carotiskapsel (Fig. 81 C), die aus einem hohlen Trichter besteht, der unten mit einer Gummimembran abgeschlossen ist. Man preßt den Apparat gegen die Halsschlagader und stützt den Arm auf den Tisch, damit der Apparat in ruhiger Lage bleibt. Die Carotiskapsel ist zur Demonstration sehr bequem, für genaue Untersuchungen aber nicht zu empfehlen, weil es schwer ist, den Apparat ruhig zu halten.

Figur 86 zeigt die Untersuchung des Herzpulses. In Figur 87 sehen wir den hierzu gebrauchten Cardiographen. Wir bemerken an ihm dieselbe Metallkapsel wie beim Sphygmographen in Figur 81, unten auch die Pelotte. Das Gestell hat drei Füße, die sich an die Brustwand anlegen und die, entsprechend der Form der Brustwand, höher oder niedriger geschraubt werden können.

b) Der Volumpuls.

Mit den bisher beschriebenen Apparaten wurde die Pulsbewegung in der Weise gemessen, daß der an einer bestimmten Stelle der Arterie wechselnde

*) Zum Ausmessen der Kurven benutzt man eine mit Millimetereinteilung versehene Glastafel (Fig. 85).

Druck aufgeschrieben wurde. Die Messung kann auch in der Weise erfolgen, daß man nach der Menge des zu- und abströmenden Blutes fragt. Man steckt dazu ein ganzes Stück des Körpers (etwa den Unterarm) in eine Röhre, wobei sich ein am Ende der Röhre befestigter Gummisack in die Röhre hineinstülpt. Füllt man nun die Röhre mit Wasser, so drückt dies den Gummi fest an den Arm an. Man läßt das Wasser bis etwa in die Mitte der Glasröhre (Fig. 88)

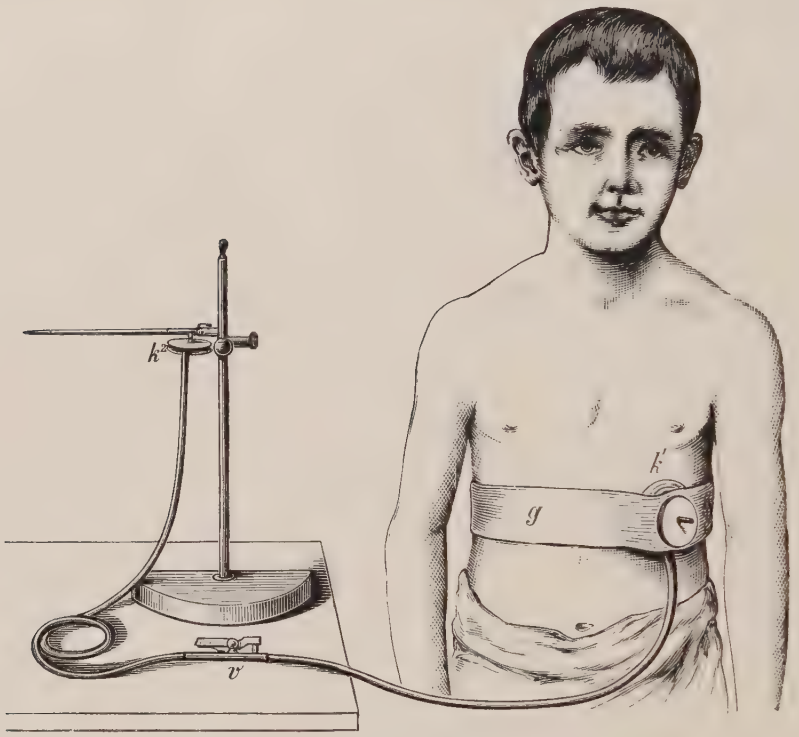


Fig. 86. Cardiograph zur Untersuchung des Herzspitzenstoßes.
(Aus Langendorff, Physiologische Graphik. Seite 189.)

steigen. Je nachdem nun das Blut in den Unterarm zu- und abströmt, wird sich das Volumen des Armes ein wenig vermehren oder vermindern. Demnach muß auch das Wasser in der Glasröhre im Rhythmus des Pulses auf- und abgehen. Man kann nun an diesem Apparate, dem Plethysmographen (Volumschreiber), oben einen Gummischlauch anbringen, den man zum Schreiber führt, wie beim Sphygmographen, und so den Volumpuls aufschreiben (Fig. 89).

Aus vielen Gründen, die hier nicht angeführt werden sollen, ist für Kinderuntersuchungen in allen Fällen der Sphygmograph vorzuziehen.

2. Atemuntersuchung.

Viel einfacher und leichter gestaltet sich die Atemuntersuchung. Während die ersten Versuche in der Pulsuntersuchung meist recht kläglich ausfallen, während es oft halbe Stunden dauern kann, ehe man einen brauchbaren Puls zuwege bringt, bedarf es bei der Atemuntersuchung — was die technische Seite anlangt — fast keiner Vorübung. Der Pneumograph (Atemschreiber) besteht aus einem einfachen, etwas plattgedrückten Gummiball, in den eine Röhre einmündet. Der Ball wird, je nachdem man die abdominale oder die thorakale Atmung untersuchen will (am besten beides zugleich), mit einem oder mehreren Bändern auf dem Leib oder auf dem Brustkasten befestigt. Beim Ausdehnen der betreffenden Körperteile (Einatmen) wird natürlich der Gummiball zusammengedrückt. Man führt nun einen Gummischlauch vom Pneumographen zu einem Schreiber, der genau wie beim Sphygmographen eingerichtet ist, nur daß hier bloß eine Nadel auf der Kapsel aufgelagert ist, weil die Bewegungen beim Pneumographen natürlich viel ausgiebiger erfolgen wie beim Sphygmographen (Fig. 82). Zur Demonstration kann man einen besonders langen Strohhalm aufschieben (40 cm) wie in Figur 90. Man sieht hier auch, wie stark die Atembewegung bei geistiger Arbeit, ebenso bei intensiver Aufmerksamkeit, etwa beim Horchen auf das schwache Ticken einer Uhr, sich verändert. Namentlich bei Untersuchungen über die Aufmerksamkeit könnte die Beobachtung der Atmung wichtige Aufschlüsse geben.

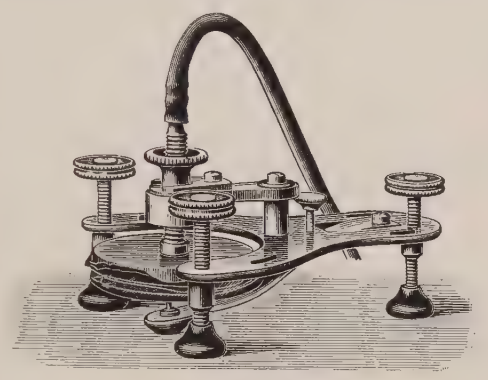


Fig. 87. Cardiograph.

Für exakte Versuche wird man den Schreiber natürlich nur von der gewöhnlichen Länge nehmen. Außerdem ist es notwendig, sowohl bei Puls- wie bei Atemuntersuchungen, sich mit den physiologischen Bedingungen der Puls- und Atembewegung genau vertraut zu machen*).

Beim Aufsetzen des Sphygmographen und Pneumographen entsteht im Apparat ein starker Überdruck, der beseitigt werden muß, wenn nicht der Schreiber dauernd nach oben zeigen soll. Zu diesem Zwecke ist zwischen Aufnahme- und Schreibapparat ein Ventil in den Schlauch eingeschaltet (ungefähr in derselben Höhe wie die Taschenuhr in Fig. 90), das man beim Aufsetzen des Apparates offen hält, bis sich der Druckunterschied ausgeglichen hat, also gleich Null geworden ist. Daher der Name Nullventil. Auch während der Versuche kommt

*) Für genaueres Studium besonders zu empfehlen v. Frey, Die Untersuchung des Pulses. Berlin 1892.

es vor, daß (etwa infolge einer Bewegung der Versuchsperson) ein Über- oder Minusdruck im Apparat entsteht, so daß der Schreiber stark nach oben oder unten geht. Man öffnet dann am besten das Nullventil.

Jede Art der Untersuchung, Pulsschreibung und Atemschreibung, hat ihre besondern Vorzüge und Nachteile. Die Atemschreibung ist einfach, aber die Atembewegung ist bis zu einem gewissen Grade dem Willen unterworfen. Hat also einmal das Kind gemerkt, worauf es ankommt, so hat man verspielt. Ich habe mir meist dadurch geholfen, daß ich das unwissentliche Verfahren anwendete. Ich sagte also nach Anlegung des Pneumographen beispielsweise: Wir machen jetzt zweierlei: Erst schreibe ich deinen Atem auf (man darf das nicht verschweigen, weil sich sonst die Kinder den Kopf zerbrechen, was die Apparate bedeuten), und nun sehen wir ein Bild an. Damit wechseln wir fortwährend ab. Man muß allerdings Anstalten treffen, die das Kind in diesem Glauben erhalten, also einen Apparat laufen lassen, der einiges Geräusch verursacht u. s. f. Das ist zwar manchmal recht umständlich und langweilig, aber durchaus notwendig.

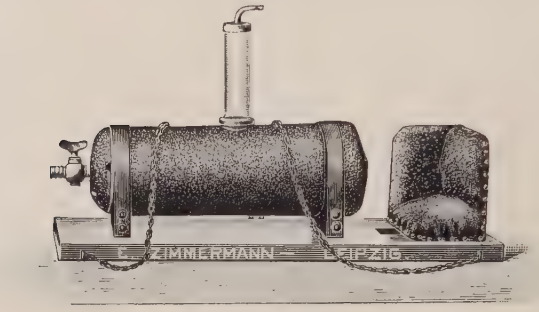


Fig. 88. Plethysmograph.

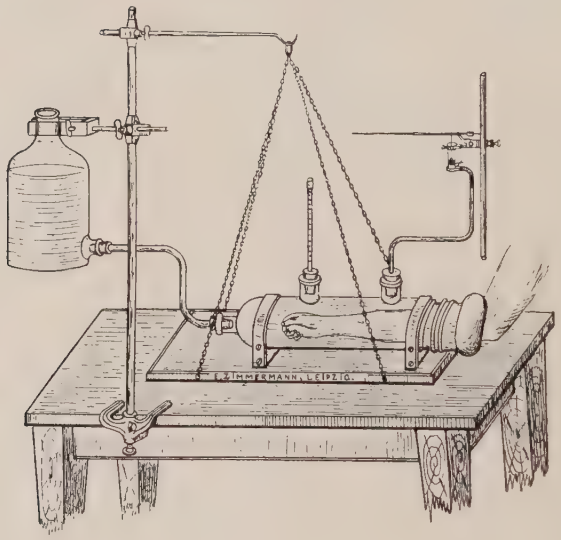


Fig. 89. Plethysmograph.

Die Pulsbewegung ist vom Willen nicht abhängig, dagegen ist die Pulsschreibung technisch schwieriger, außerdem wird der Puls von der Atmung beeinflußt (während umgekehrt Änderungen der Pulsbewegung die Atmung nur wenig beeinflussen). Es ist also zweckmäßig, bei jeder Pulsuntersuchung nebenbei den Atem mit aufzuschreiben. Außerdem ist es wünschenswert, an mehreren Stellen des Körpers zugleich den Puls zu prüfen.

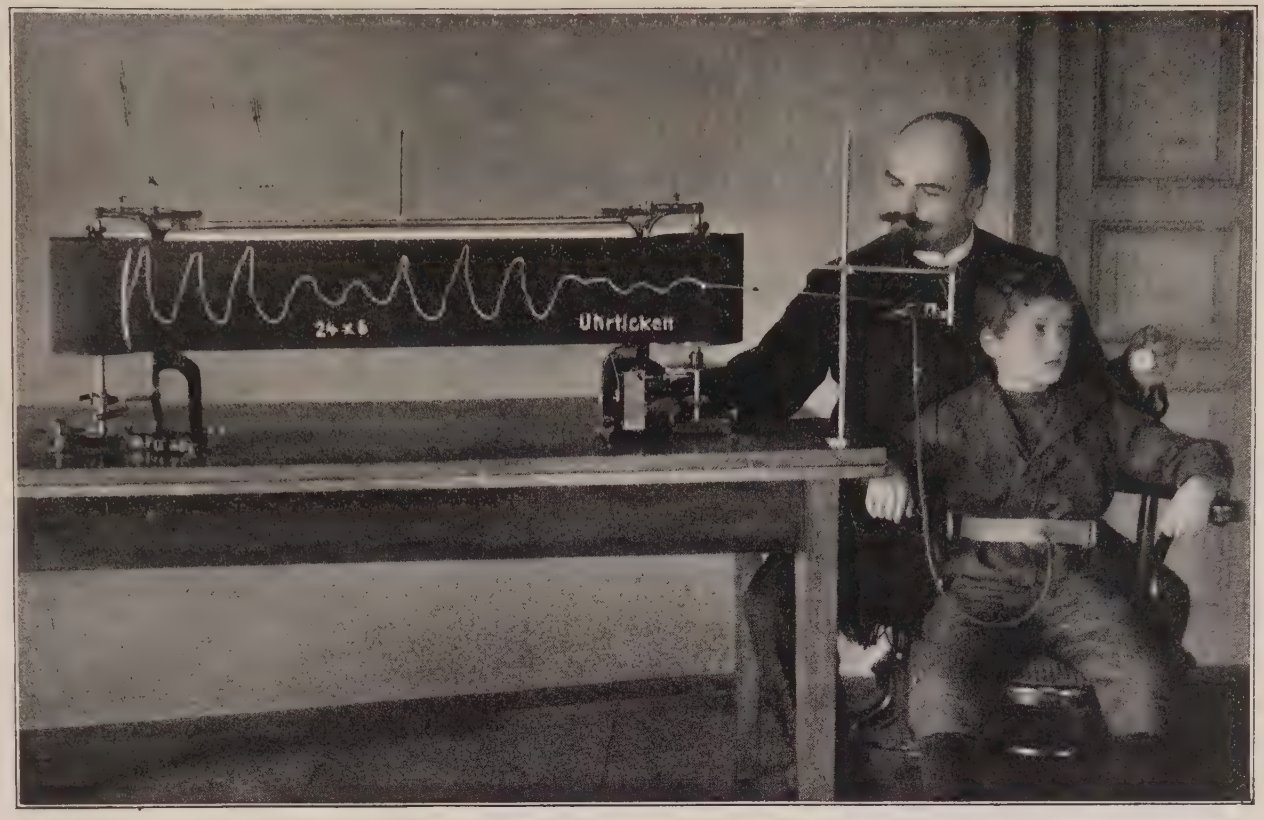


Fig. 90. Demonstration der Atemschreibung an der Heringschen Schleife.

Die Veränderungen in der Absonderung der Drüsen, etwa der Speicheldrüsen, sind besonders in der Tierpsychologie als Ausdruckssymptome verwertet worden. Wenn ein hungriger Hund seine Nahrung sieht, so fängt der Speichel an zu fließen. Man kann die Menge des ausfließenden Speichels messen (Fig. 91 oben links); oder man läßt mit Hilfe zweier Metallkapseln (wie beim Sphygmographen) und eines Kymographions durch jeden fallenden Tropfen einen Strich aufzeichnen (vgl. das Hauptbild in Fig. 91). Figur B zeigt eine solche Kurve, die entsteht, wenn das Tier seine Nahrung sieht. Der starke schwarze Strich bedeutet die Menge des in dem Standglas aufgefangenen Speichels. Die darunter befindliche Mäanderlinie ist von einem Apparat gezeichnet, der die Sekunden aufschrieb. Man kann den Hund daran gewöhnen, daß er stets bei dem Zurufen des Wortes „Mahlzeit" seine Nahrung erhält. Ist das geschehen, so findet auch dann eine lebhafte Speichelabsonderung statt, wenn dem Tiere nur das Wort zugerufen wird, ohne Vorzeigen von Nahrung (Fig. A). Ebenso kann man dem Hunde die Nahrung in der Weise verabreichen, daß er dabei eine rote Scheibe sieht (Hauptbild). Ist er darauf eingeübt, so erfolgt der Speichelfluß schon, wenn er nur die rote Scheibe sieht (Fig. C). Diese Versuche sind namentlich von dem russischen Forscher Pawloff und seinen Schülern ausgeführt worden.

3. Puls- und Atemkurven.

Die Analyse der Puls- und Atemkurve kann sich auf dreierlei beziehen, auf Länge, Höhe und Form der Kurve. Für die Pulskurve wenigstens wollen wir die Betrachtung kurz durchführen.

Die Länge des Pulses bedeutet offenbar die Geschwindigkeit des Herzschlags. Will ich sie genau messen, so muß ich unter die Pulskurve eine Zeitmarke schreiben lassen. Dazu eignet sich der Chronograph nach Jaquet (Fig. 149), der aus einem sehr gut gehenden Uhrwerk besteht, an dem ein Hebel mit einer Spitze angebracht ist, der alle Sekunden nach oben geworfen wird. Will ich die Form des Pulses genauer analysieren, so lasse ich das Kymographion schneller laufen und stelle den Hebel am Chronographen auf Fünftelsekunden ein. — Anstatt des Jaquetschen Chronographen kann ich auch das in Figur 58 abgebildete Metronom zur Zeitschreibung benutzen. Man leitet dann den negativen Draht und einen oder beide positiven Drähte zu einem kleinen Elektromagneten mit Schreibspitze (natürlich muß ein Element dazwischen geschaltet sein), einem sogenannten Markiermagneten. In Figur 92 sehen wir den wegen seiner Flachheit sehr bequemen Lombardschen Schreiber, in Figur 93 einen billigeren Schreiber, der sich für Schulversuche eignet.

Das Studium der Länge des Pulses ist in erster Linie zu empfehlen, sie ist diejenige Größe, bei deren Erklärung am wenigsten irgendwelche Schwierigkeiten vorliegen.

Die Höhe des Pulses kann erstens stammen vom stärkeren Schlag des Herzens. Zweitens kann sie aber auch von einer Erweiterung der Arterie an der untersuchten Stelle herrühren. (Die Arterienwände werden, je nach dem

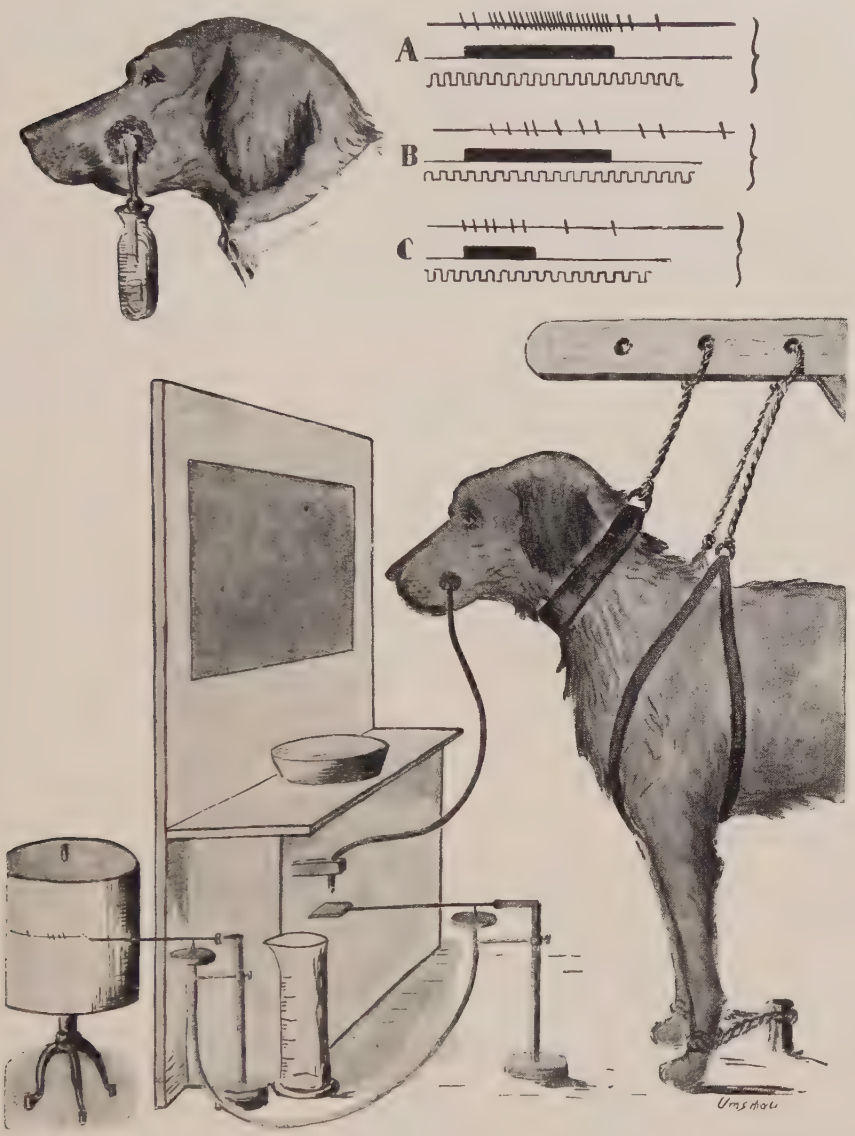


Fig. 91. Pawloffs Methode zur Feststellung des Speichelreflexes beim Hunde; oben links: Gewichtsbestimmung des abgesonderten Speichels; oben rechts: graphische Darstellung der Speichelabsonderung A bei dem Worte „Mahlzeit"; B beim Sehen von Nahrungsmitteln; C beim Erblicken einer bunten Scheibe.
(Nach Claparède, F., Dr., Die Methoden der Tierpsychologie. Umschau, XII. 1908, Nr. 26.)

verschiedenen Zustand des Blutes und nach andern Verhältnissen, infolge der Tätigkeit besonderer Nervenzentren bald straffer, bald schlaffer gespannt.) Denn wenn die Arterie nicht sehr straff gespannt ist, so wird die ankommende Blutwelle kräftiger nach außen wirken und den Sphygmographen stärker betätigen. Außerdem kann drittens an andern großen Bezirken des Körpers (etwa in der Bauchhöhle, oder im Gehirn) eine Verengerung der Blutgefäße aus irgendwelchen Ursachen erfolgt sein. Infolgedessen kann dorthin weniger Blut strömen, und der Blutdruck an der von uns untersuchten Stelle wird stärker, ohne daß das Herz stärker schlägt und ohne daß an der untersuchten Stelle irgendeine Veränderung eingetreten ist. Viertens aber verändert sich die Höhe des Pulses ganz bedeutend, je nachdem ich den Sphygmographen leiser oder fester aufsetze, je nachdem, welche Stelle der Arterie ich treffe*). Die leiseste Verschiebung des Armes ergibt oft ganz bedeutende Veränderungen in der Pulshöhe, wie wir an einem Beispiel noch sehen werden. Man sieht also, daß man aus der Höhe des Pulses seine Schlüsse nur mit aller Vorsicht ziehen darf.

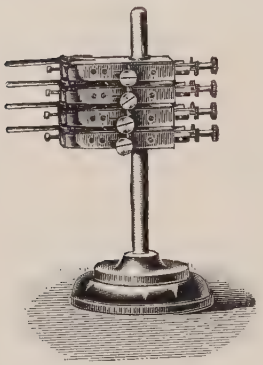


Fig. 92. Lombardsche Schreiber.

Die Form des Pulses ist natürlich verschieden, je nachdem welche Stelle des Körpers ich

Fig. 93. Einfacher Markiermagnet.

prüfe, wobei Pulse, die ungefähr gleich weit vom Herzen abliegen, im allgemeinen ein ähnliches Bild liefern.

Jeder einzelne Puls steigt (vgl. Fig. 94 u. ff.) meist ziemlich steil an, um dann allmählich abzufallen. Während des Abfallens tritt aber meist noch eine zweite (zuweilen auch eine dritte und vierte) kleine Erhebung ein, die sogenannte Dikrotie. Der normale Puls ist ein dikrotischer, zweischlägiger Puls mit zwei Spitzen, der Haupterhebung und der Dikrotie im Abfallen. Die wahrscheinlichste Erklärung für die Dikrotie ist folgende. Sobald das Blut in die Aorta einströmt, wird diese in der Nähe des Herzens durch den raschen Druck erweitert, und diese Erweiterung gleitet sehr schnell als Pulswelle die Arterie entlang. Kommt sie nun an die Haargefäße, so kann sie nicht weiter. Die engen Gefäße wirken für die rasch bewegte Welle wie ein vollständiger Ab-

*) Ganz einwandsfreie Messungen des Pulsdrucks (der Pulshöhe) liefert nur der Tonograph, bei dem ein spitzes Röhrchen direkt in die Arterie eingestochen wird. Dieser Apparat ist aber natürlich nur bei Versuchen mit Tieren anzuwenden.

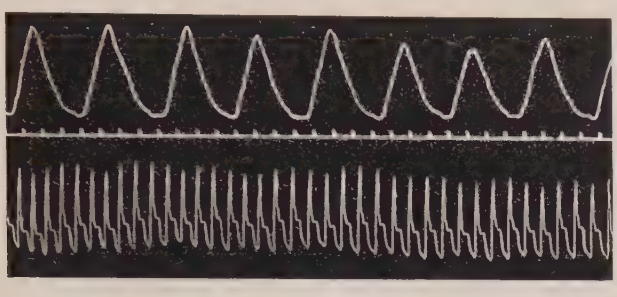


Fig. 94. Normalkurve. Versuchsperson Dr. med. Lasker, Freiburg i. Br.

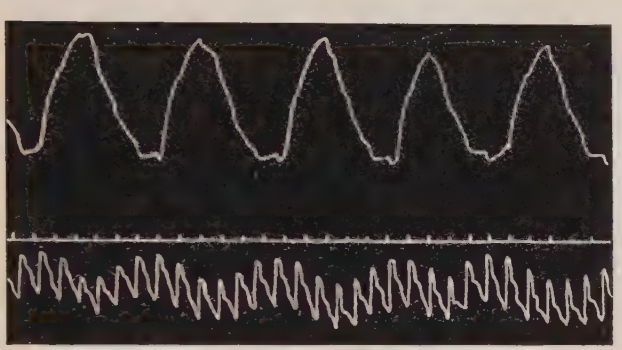


Fig. 95. Normalkurve. Traube-Heringsche Wellen.
Versuchsperson Seminarlehrer Scheibner, Leipzig.

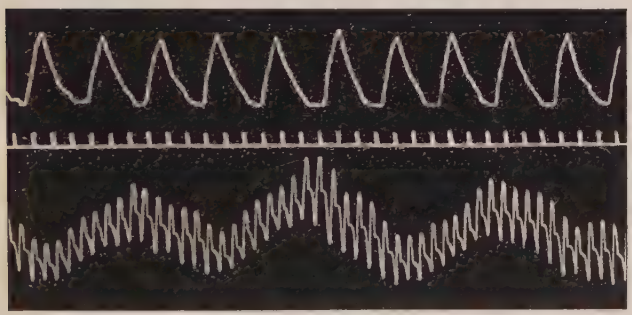


Fig. 96. Normalkurve. Mayersche Wellen.
Versuchsperson Lehrer Mosebach, Zwenkau.

schluß, genau so, wie auch die Wellen eines Teiches vom Ufer reflektiert werden, selbst wenn an der betreffenden Stelle des Ufers ein oder mehrere kleine Abflüsse vorhanden wären. Das Wasser selbst läuft langsam ab (genau so wie auch das Blut selbst durch die Haargefäße strömt), aber die raschere Wellenbewegung wird reflektiert. Die reflektierte Welle tritt nun als Dikrotie einmal, zweimal oder dreimal auf. Wenn also im Puls die Dikrotie vom Hauptgipfel abrückt, so muß die Geschwindigkeit der Welle verringert sein. Das kann einen doppelten Grund haben. Entweder ist der Herzschlag schwächer (je kräftiger der Schlag, desto schneller die Welle), oder die Wände der Arterie sind schlaffer gespannt. (Je straffer die Wände, desto schneller schreitet die Welle fort. Wären die Wände völlig starr, etwa aus Glas, so würde die Welle sofort bis an die Haargefäße gelangen.) Auch aus den Formveränderungen der Pulskurve lassen sich also eindeutige Schlüsse nicht ziehen*). Man soll also für die psychologische Analyse in erster Linie die Veränderungen in der Länge des Pulses heranziehen.

In den Figuren 94—102 sehen wir jedesmal oben die Atemkurve, darunter die Zeitmarkierung (Sekunden, mit dem Jaquetschen Chronographen geschrieben) und zu unterst die Pulskurve. Diese Kurven sind der mehrfach erwähnten Untersuchung über die Wirkung süßer und bitterer Stoffe entnommen.

Figur 94 zeigt eine Normalkurve, die sowohl nach der Aussage der Versuchsperson als auch nach dem objektiven Befund (gleichmäßige Atmung, gleichmäßiger Puls) sich als wirkliche „Normal"kurve darstellt. Der Pulsschreiber hat infolge der Kraft des Pulses ein wenig „geschleudert", die Spitzen der Pulse sind infolgedessen etwas zu hoch.

In Figur 95 sehen wir, wie die Pulswelle im ganzen auf- und abschwingt und zwar, wie man leicht bemerkt, im Rhythmus der Atembewegung. Diese, nach ihren Entdeckern benannten Traube-Heringschen Wellen entstehen wahrscheinlich durch den Zustand des Blutes (Gehalt an Sauerstoff), durch den gewisse Nervenzentren (die sogenannten vasomotorischen Zentren) erregt werden, wodurch rhythmische Veränderungen in der Spannung der Arterienwände eintreten. Diese

---

*) Dieselben Schwierigkeiten liegen vor, wenn man die Pulsverspätung als Ausdruckssymptom benutzen will. Die Pulswelle kommt natürlich in den vom Herzen weiter entfernten Arterien später an. Man kann nun zwei Pulse aufschreiben, vielleicht den Radialispuls (Handwurzel) und den Carotispuls (Halsschlagader), und die Zeitdifferenz bestimmen. Daraus läßt sich die Geschwindigkeit der Pulswelle messen, wenn man den Unterschied der Entfernung der untersuchten Stellen vom Herzen kennt.

Um die bei solchen Versuchen nötigen komplizierten Rechnungen zu ersparen, schlage ich folgendes Verfahren vor: Man leitet die Schläuche beider Sphygmographen nach demselben Schreiber, der nun beide Pulse aufschreibt. Das Bild würde dabei ein sehr kompliziertes werden. Bringt man aber an der Schreibkapsel einen dritten Schlauch an, den man (in bestimmter, empirisch auszuprobierender Entfernung von der Kapsel) offen läßt, so erscheint jeder Puls nur als ganz kleine Erhebung. Die Entfernung läßt sich dann direkt messen. (Das offene Schlauchende muß so lang sein, daß die Luftverdichtungen, die durch den Puls entstehen, durch den offenen Schlauch nur langsam sich ausgleichen können, so langsam, daß die übrigbleibende Kraft gerade noch genügt, den Schreiber ein wenig zu heben.)

sogenannten sekundären Wellen (die einzelnen Pulswellen selbst sind die primären Wellen) sind also nicht psychologisch zu deuten, an ihrem rhythmischen Verlauf sind sie, namentlich bei gleichzeitigem Aufschreiben der Atmung, leicht zu erkennen.

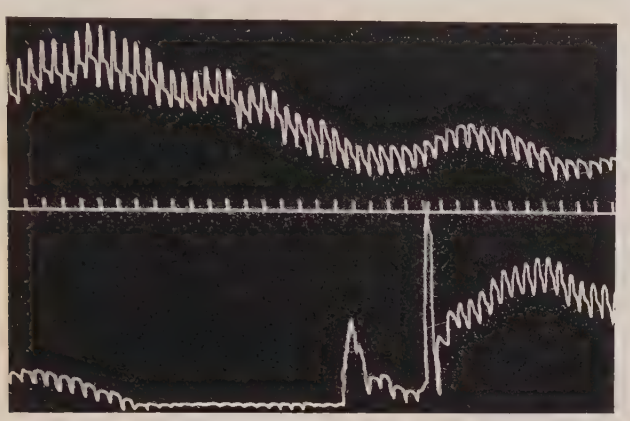


Fig. 97. Normalkurve. Abhängigkeit der Höhe des Pulses von der Lage des Schreibers. Versuchsperson Lehrer Mosebach, Zwenkau.

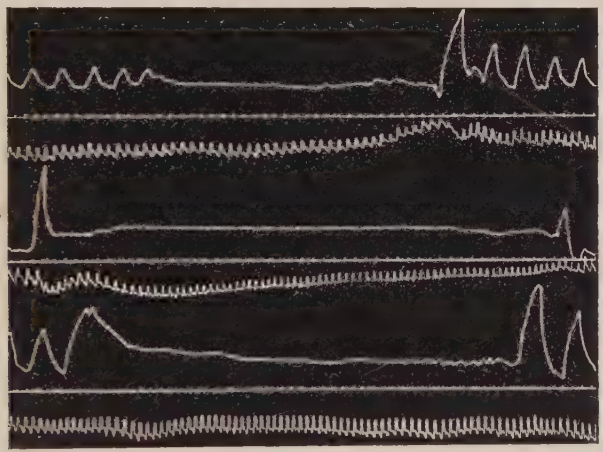


Fig. 98. Das Anhalten des Atems und sein Einfluß auf die Pulskurve. Versuchspersonen: Oberlehrer Gurland, Riga; Lehrer Merker, Leipzig; Lehrer Lehmann, Leipzig.

In Figur 96 sehen wir noch ausgiebigere, längerdauernde Schwingungen der ganzen Kurve, die sogenannten Mayerschen Wellen, deren Ursache noch nicht völlig aufgeklärt ist. Wundt deutet sie aus physiologischen, Lehmann aus psychologischen Ursachen. Beobachtet man in einer Pulskurve derartige

Schwankungen, so tut man gut, den Versuch auszusetzen, weil die Deutung der Kurve bei eintretenden Änderungen zu schwierig wird.

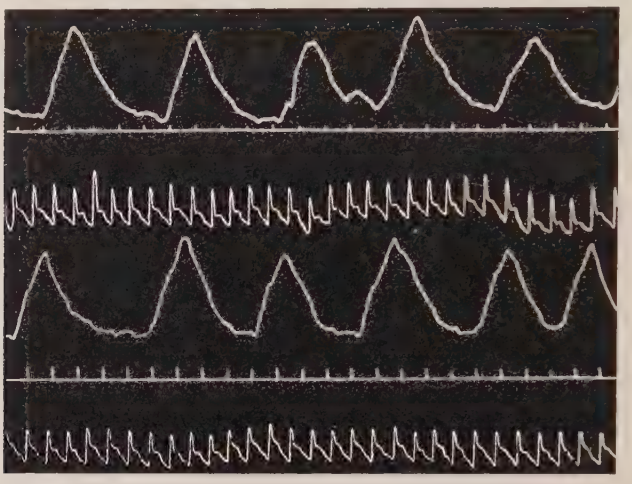


Fig. 99. „Normal"kurven. Versuchsperson Lehrer Merker, Leipzig.

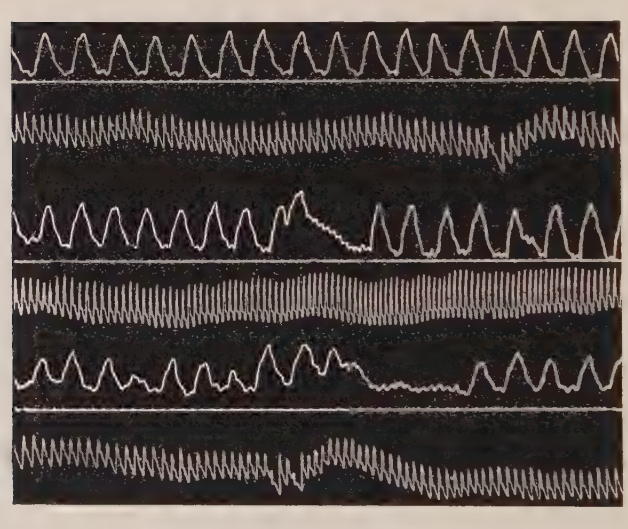


Fig. 100. Geschmacksversuche. Versuchsperson Seminarlehrer Scheibner, Leipzig.
Kurve 1: Normalkurve; Kurve 2: Zuckerwasser; Kurve 3: Essigwasser.

Die Kurve Figur 97 setzt mit großen Pulshöhen ein, dann sinkt der Schreiber (infolge einer kleinen Bewegung der Versuchsperson), und die Pulshöhe nimmt,

lediglich aus diesem äußerlichen Grunde, beträchtlich ab. Sie ist zuletzt, in der zweiten, unteren Hälfte der Kurve, beinahe gleich Null. Jetzt öffnete ich (zweimal) das Nullventil, der Schreiber steigt in die Höhe, und der Puls wächst wieder beinahe bis zu der anfänglichen Höhe.

Figur 98 zeigt, wie beim Anhalten des Atems der Puls bei verschiedenen Versuchspersonen ganz verschieden beeinflußt wird. Bei der untersten Kurve ist

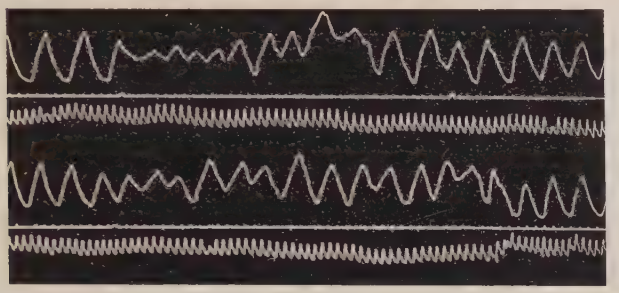


Fig. 101. Aufmerksamkeit. (Zählen des Uhrtickens.)
Versuchsperson Dr. med. Lasker, Freiburg i. Br.

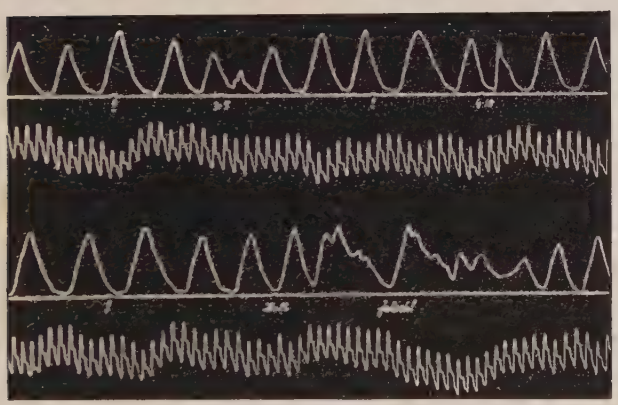


Fig. 102. Rechnen. Versuchsperson Dr. med. Lasker, Freiburg i. Br.

fast keine Veränderung zu bemerken, bei der zweiten ändert sich Form, Größe und Länge des Pulses beträchtlich.

Die oberste Kurve in Figur 99 war die erste, die ich mit der betreffenden Versuchsperson aufschrieb. Es war eine sogenannte Normalkurve, ohne Einwirkung irgendeines Reizes. Die Kurve zeigt sowohl beim Puls wie bei der Atmung ganz auffällige Unregelmäßigkeiten. Als ich mir nun Auskunft über die Selbstbeobachtung bei diesem „Normal"versuch ausbat, erhielt ich folgende

Aussage: „Mir war's, als wäre ich beim Zahnarzt, der träfe hinter meinem Rücken Anstalten zum Plombieren." Die Versuchsperson hatte früher andern Versuchen als Zuschauer beigewohnt, wo Schreckreize (lauter Schall, Zerbrechen von Gläsern usw.) verwendet wurden. Nachdem ich die V. darüber aufgeklärt hatte, daß ich jetzt überhaupt keinen Reiz einwirken lassen würde, erhielt ich die zweite, ganz gleichmäßige Kurve.

Fig. 103. Pulskurve vor einem Wettlauf über 200 m.

Fig. 104. Pulskurve unmittelbar nach der Ankunft am Ziel.
(Aus Schmidt, F. A., Dr., Unser Körper. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1909.)

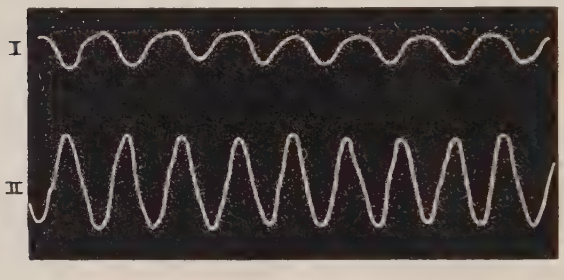


Fig. 105. Atemkurven vor und nach einer Radfahrt über 20 km.
(Aus Schmidt, F. A., Dr., Unser Körper. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1909.)

Bei Untersuchung von Kindern muß natürlich noch viel mehr darauf geachtet werden, daß erst eine Gewöhnung an die Versuchsbedingungen erfolgt.

Die erste Kurve in Figur 100 ist eine Normalkurve. Die Aussage der Versuchsperson lautete: „Ich habe ruhig ‚gedöst'. Ich dachte, wie angenehm es ist, daß es hier so ruhig ist, wie ruhig und gedämpft die Uhr tickt. In der Mitte des Versuchs bemerkte ich ein Reißen am Herzen." Der ruhige Verlauf von Puls und Atmung entsprechen genau der Selbstbeobachtung. Auch die kleine nervöse Herzstörung ist am Puls deutlich zu sehen.

Kurve 2 ist bis zur Mitte Normalkurve, dann erhielt die V. Zuckerwasser. (Bei der Zeitschreibung sieht man an der betreffenden Stelle ein Zeichen; an der Atmung bemerkt man Schluckbewegungen. Aussage der V.: „Von Anfang an war die Bewußtseinslage eine andere wie beim ersten Versuch, unruhiger, nicht so frei wie vorhin. Das steigerte sich beim Signal ‚Jetzt'*). Es trat eine Spannung ein. Ein eigentliches Lustgefühl ist nicht eingetreten, vielleicht war ich enttäuscht über die geringe Wirkung. Die Bewußtseinslage wurde allmählich eine immer ruhigere."

Bei Kurve 3 erfolgt (wieder ungefähr in der Mitte) die Verabreichung von Essigwasser. Aussage: „Vor dem Versuche hatte ich einen (nicht unangenehmen) schwachen Nießzwang, der ein ausgesprochenes Gefühl des Komischen ergab. Im Augenblick des ‚Jetzt' schlägt das Gefühl aus dem Hellen ins Dunkle über. Der Geschmack selbst wirkt erfrischend, nicht lästig. Vielleicht war der Geschmack jetzt angenehmer als beim zweiten Versuch. Dort war es eine Täuschung der Erwartung, jetzt eine Lösung derselben."

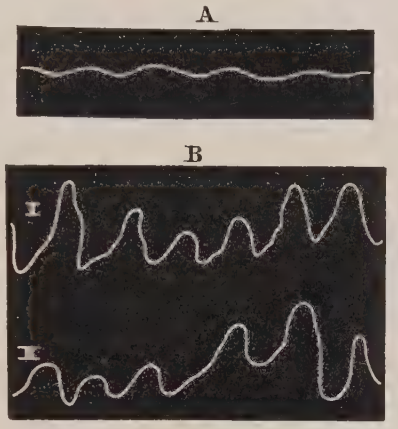


Fig. 106 u. 107. Atemkurven vor und nach einer Rennfahrt eines Ungeübten.
Fig. 106: Vor der Fahrt. Fig. 107, I: Atemnot unmittelbar nach Beendigung der Fahrt. II: 2 Min. 10 Sek. später. Nach Tissie (L'hygiène du vélocipédiste). (Aus Schmidt, F. A., Dr., Unser Körper. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1908.)

Hier haben wir einen Fall, wo beim Einwirken einer Süßempfindung sich kein Lustgefühl einstellt, wo überhaupt, ebenso beim Essigwasser, nur eine geringe Gefühlsveränderung zu bemerken ist. Dem entsprechend ist auch keine wesentliche Änderung des Pulses zu beobachten. Dagegen zeigen diese Versuche, wie bei genauer Selbstbeobachtung oft recht wichtige Nebenergebnisse auftreten. Das „Unruhige" der Gemütslage während des ganzen zweiten Versuchs ist durch die außerordentlich beschleunigte Pulsbewegung deutlich zum Ausdruck gebracht, auch der Übergang zur Ruhe zeigt sich am Ende durch Verlangsamung des Pulses. Ebenso sehen wir beim dritten Versuch die Wirkung des „Komischen" auf den Puls, die beiden ganz unregelmäßigen Formen (während gleichzeitig die Atmung ganz regelmäßig verläuft). Der Umschwung des Gefühls „aus dem Hellen ins Dunkle" tritt hier als eine Schwingung der Pulskurve im ganzen hervor (Mayersche Welle), die vor Verabreichung der Flüssigkeit einsetzt.

In den beiden Kurven Figur 101 zeigt die Zeitkurve je zwei Marken. Während dieser Zeit mußte die Versuchsperson das Ticken einer leise schlagenden Uhr verfolgen. Man sieht, daß sich der Aufmerksamkeitszustand besonders in der Atemkurve (namentlich in der ersten) deutlich ausprägt.

*) Das Signal wurde jedesmal kurz vor Verabreichung des Stoffes gegeben.

Figur 102 zeigt den Puls bei geistiger Arbeit. Bei dem Wort „Achtung!" bemerken wir eine Verlängerung der Atmung und eine schwache Mayersche Welle beim Puls. Ausgiebiger wurde diese Welle bei der schwierigeren Aufgabe 28×12. Und noch lebhafter wurde die Bewegung, als ich der Versuchsperson „Falsch!" zurief (obgleich das Resultat richtig war). Sie berichtete, daß das „Falsch" sehr unangenehm gewirkt hatte und daß sie sofort und intensiv sich von neuem mit der Aufgabe beschäftigt und daneben erwogen hatte, ob ich nicht vielleicht das von ihr angegebene Resultat falsch verstanden hätte.

Daß auch körperliche Bewegung Puls und Atmung beeinflußt, ist bekannt. Figuren 103 bis 105 zeigen das deutlich. Bemerkenswert ist dabei, daß die schlimmsten Störungen bei Ungeübten auftreten (vgl. Fig. 106 u. 107). Es wäre interessant zu erfahren, in welchem Zustand sich Atem und Puls unsrer Kinder befinden, wenn sie aus der Turnstunde kommen, und welche Unterschiede durch einen verschiedenen Betrieb des Turnunterrichts entstehen.

Besonders wichtig aber wäre es, die Schüler (namentlich in höhern Schulen) vor und nach einem Examen einer Prüfung zu unterziehen.

III. Untersuchung von Ausdrucksbewegungen.

Während man sich bei der Untersuchung der einfachen Gefühle am besten der Beobachtung der Ausdruckssymptome bedienen wird, empfiehlt es sich bei komplizierteren Gefühlen, bei Affekten und Stimmungen, die Veränderung der eigentlichen Ausdrucksbewegungen zum Vergleich heranzuziehen. Welche Methoden man hier gebrauchen kann, wollen wir an einem Beispiel zeigen. Vor einigen Jahren wurde lebhaft die Frage diskutiert: Sind Kinder fähig, ein künstlerisches Bild zu verstehen und zu genießen? Diese Frage wollen wir zu beantworten versuchen.

Fig. 108. Hein: Das Tal.
(Teubners Künstlersteinzeichnungen.)

1. Sprachlicher Ausdruck.

Die Sprache hat bekanntlich von Ausdrucksbewegungen (Interjektionen) ihren Ursprung genommen und kann selbst als ein System von Ausdrucksbewegungen bezeichnet werden, wenn man den Begriff Ausdrucksbewegung im weitesten Sinne faßt. Es liegt also nahe, dieses Ausdrucksmittel auch zur Untersuchung der Gefühle zu verwenden, in unserm Falle, indem man den Kindern ein Bild vorlegt und dann zum Aussprechen auffordert.

Bei der Landschaft (Fig. 108) erhielt ich bei diesem Verfahren folgende Aussprache*):

Schülerin A.: Wir sehen eine schöne Wiese, dahin durch fließt ein violetter Fluß. An der linken Seite des Flusses steht eine Allee von Birken. Sie haben weiße Rinde. Hinten ist ein Laubwald. Es wird bald Sommer; denn die Birken haben grüne Blätter, und die Wiese sieht auch ganz grün aus.

B.: An der Seite stehen Birkenbäume, weiße Stämme. Der Anfang, wo die Blätter anfangen, sieht rot aus, das andre sieht grün.

C.: Es ist der Fuß eines Bergs, es geht hinauf, in die Höhe, man sieht es an dem Wald hinten.

D.: Der Bach muß schnell gehen, denn er reißt viel weg.

E.: Er fließt langsam, denn sein Weg ist bequem. Darum sind solche Bogen.

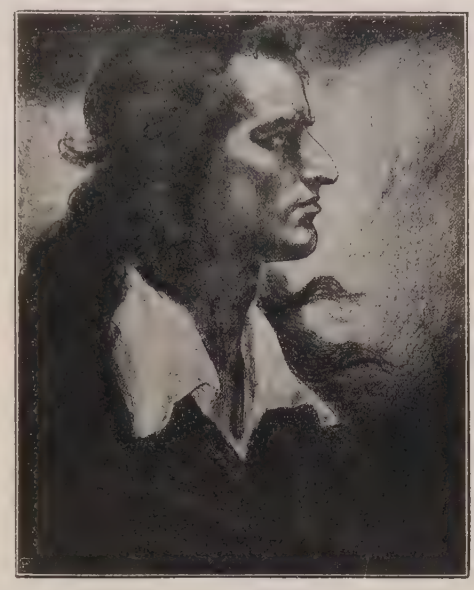


Fig. 109. Bauer: Schiller.
(Teubners Künstlersteinzeichnungen.)

F.: Wenn man von der Seite sieht, sieht man den Fluß richtig fließen.

G.: Die Birken stellen sich alle mehr dem Bache gegenüber.

H.: Die Wiesen liegen tiefer als ich und als der Damm, darauf die Birken stehen.

I.: Es scheint helle Luft zu sein.

K.: Der dunkelgrüne Wald ist dicht, nicht ein Stück Himmel guckt herein.

Man sieht, daß sich diese Methode nicht eignet. Sobald der sprachliche Apparat den Lauf der Assoziationen beherrscht, tritt das Gefühlsmäßige zurück. Die Kinder suchen sich mit dem sachlichen Inhalte auseinanderzusetzen, es treten Gedanken und Urteile auf, die Schülerinnen D. und E. fechten einen kleinen Streit aus — um Sachlichkeiten. Von der Gefühlswirkung erfahren wir nichts**).

*) Bildbetrachtungen, Arbeiten aus der Abteilung für Kunstpflege des Leipziger Lehrervereins. B. G. Teubner, Leipzig 1906.

**) Vielleicht könnte man zu einem besseren Ergebnisse gelangen, wenn man die Mundart zugelassen hätte. Der Dialekt hat etwas Ursprünglicheres und deckt darum auch die Beziehungen zum Sprechenden offener auf als das Hochdeutsch. Man kann das zeigen, wenn man den Kindern ein Wort zuruft und sofort das Aussprechen oder Aufschreiben eines Satzes fordert. Man wechselt zwischen Hochdeutsch und Mundart und bringt dann zuweilen dasselbe Wort (in Hochdeutsch und Mundart) wieder. Auf diese Weise erhielt ich von einem Kinde folgende Niederschriften:

(Die Katze): Die Katze ist ein Säugetier. (De Gatze): O, was de arme Gatze schreit. Hast wohl rechten Hunger?

(Die Birne): Die Birne hat eine gelbe Farbe. (De Berne): In'ne Berne beiß ich gerne.

Mehr werden wir uns versprechen, wenn es gelingt, die Interjektion hervorzulocken. Ich tat das beispielsweise bei dem Schillerbild (Fig. 109) in der Weise, daß ich sagte: „Seht euch den Kopf genau an! Dieser Mund wird sich jetzt öffnen und zu reden anfangen, nur ein ganz kurzes Wort.“ Sofort erhob sich eine Schülerin und stieß hervor: „Ihr Wüteriche, schert euch zum Teufel! Was wollt ihr immer von mir?“

2. Zeichnerischer Ausdruck*).

Auch das Nach- oder Mitzeichnen der Kinder, die zeichnende Gebärde, konnte als Ausdrucksmittel in Betracht kommen. Man konnte also nach Betrachtung einer Landschaft etwa sagen: Jetzt zeichnet, was euch einfällt. Oder: Zeichnet eine Figur, die zu der Landschaft paßt. Kinder dieser Stufe (es handelte sich um 12jährige Mädchen), haben aber bekanntlich nicht mehr den Mut, mit dem Stift in der Hand sich naiv auszusprechen. Ich wählte darum ein indirektes Verfahren.

Fig. 110. Ortlieb: Herbstluft.
(Teubners Künstlersteinzeichnungen.)

Ich sagte zu den Kindern: Wenn ich eine Landschaft recht lange ansehe, da geschieht mir manchmal etwas Sonderbares. Plötzlich erscheint mitten darin eine Gestalt. Jetzt seht euch das Bild eine längere Weile an, solange, bis euch vielleicht auch eine Figur darauf erscheint. Wie sie aussieht, was sie tut, sollt ihr möglichst genau beschreiben. Das Resultat war folgendes:

Hein, Das Tal (Fig. 108).

A.: An einem Bachrand sitzt ein kleines Mädchen, die Angel in der Hand.

B.: Ein kleines Mädchen mit rotem Kleid und rotem Käppchen sitzt auf der Wiese und hat den Kopf in die Hand gestützt.

C.: Eine Mutter sitzt mit ihrem Mädchen und mit ihrem Jungen an dem Ufer. Der kleine Junge hat sich ausgestreckt und hält die Hand ins Wasser, das Mädchen liegt auch im Gras, die Mutter sitzt.

D.: Durch die Birkenallee wandelt eine schwarzgekleidete Frau. Sie sticht tüchtig von den weißen Stämmen ab.

*) Vgl. auch hier die „Bildbetrachtungen“ des Leipziger Lehrervereins.

Fig. 111. Mimik des Süßen: Zucker.

Fig. 112. Mimik des Sauern: Zitrone.

Fig. 113. Mimik des Bittern: Aloe.

Fig. 126.

Fig. 114–127. Welche Stimmung zeigen die Kinder? Reagent A: „Schon daß man selbst mitlachen muß, wenn man die Kinder hier sieht, das sagt genug. Sie zeigen ein Bild ausgelassener Heiterkeit, es ist ein herziges Sichauslachen. Der Gegenstand des Bildes liegt sicher ganz im Interessenkreise der Kinder, es sind ganz vertraute Gestalten. Ganz eigenartig ist, wie die Kleineren mehr aus sich herausgehen, während die Ältere (Kupfer, in der Bildmitte) sich schon etwas zurückhält. Sie scheint zu sagen: Du bist eigentlich schon drüber naus. — Vielleicht ist es eins der Casparischen Bilder."

Nach Vorlegung der zwölf Steinzeichnungen: Welches Bild entspricht am meisten der Stimmung der Kinder? „Caspari, Die Nimmersatten".

Fig. 114.

Fig. 115.

Fig. 116.

Fig. 117.

Fig. 118.

Fig. 119.

Fig. 127. Die Nimmersatten.

Fig. 120.

Fig. 121.

Fig. 122.

Fig. 123.

Fig. 124.

Fig. 125.

Fig. 128.

Fig. 128—131. Welche Stimmung zeigen die Kinder? Reagent A: „Es ist der direkte Gegensatz zur vorigen Stimmung (Die Nimmersatten). Etwas von der Heiterkeit spielt noch in den Gesichtern, die Kinder unterdrücken es." — Was heißt das, der direkte Gegensatz? „Es hat vielleicht etwas mit der heiligen Legende zu tun, vielleicht sind Engel auf dem Bild, überhaupt etwas Frommes." — Welches Bild könnte es dann sein? „Das Sujet dürfte nicht so kindlich sein, wie bei der ‚heiligen Nacht', vielleicht ist es der Auferstandene. — Sicher ist, daß der gezeigte Ernst etwas Konventionelles an sich hat." Nach Vorlegung der zwölf Steinzeichnungen: Welches Bild entspricht am besten der Stimmung der Kinder? „Christus der Gekreuzigte". Reagent B: „Der starke Umschwung der Stimmung beweist, daß etwas außerordentlich Packendes den letzten Eindruck völlig verdrängt hat. Sterbende oder Kranke oder allgemein trauriger Vorgang." Welches Bild? „Christus der Gekreuzigte". Reagent C: „Ein stimmungsvolles, wohl religiöses Bild, gegen das vorige völlig abstechend. Interessant die Hand- und Körperhaltungen, besonders der Vierten rechts und die Augachsenänderung. Ziemlich alle gleich ergriffen." Welches Bild? „Christus der Gekreuzigte".

Fig. 130.

Fig. 129.

Fig. 131.

E.: Am linken Ufer liegt ein Mädchen und schläft. Sie hat ein grünes Kleid an. Es paßt zu der Wiese.

F.: Am Bachrande neben dem kleinen Strauch steht ein Mädchen mit weißem Kleid und guckt ins Wasser.

G.: Am Rande liegt ein Knabe, der hat die Ellenbogen aufgestützt und den Kopf darauf.

Ortlieb, Herbstluft (Fig. 110).

A.: Auf dem Hügel steht eine Frau, schwarz gekleidet.

B.: Ich denke mir einen Wandrer im schwarzen Kleide. Er steht an der Seite, wo das Gitter ist, und stützt sich auf das Gitter und sieht auf den Weg, der davonführt.

Fig. 132—135. Pantomimische Ausdrucksbewegungen beim Betrachten von Bildern.
(Aus: Neue Bahnen, K. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

C.: An dem Gitter hält sich eine schwarzgekleidete Frau fest, sie sieht auf die schwarzgekleideten Kiefern.

D.: Auf dem Wege steht eine schwarzgekleidete Frau. —

Sowohl in der Farbengebung als in der Haltung der beschriebenen Personen tritt deutlich ein Stimmungsgehalt hervor, der Stimmung der Bilder angemessen*).

Diese Methode hat sich also besser bewährt, so kompliziert sie auch scheint.

3. Mimische Ausdrucksbewegungen.

Mimische Ausdrucksbewegungen, also Veränderungen der Gesichtsmuskulatur, beobachtete ich häufig an Kindern, wenn ich ihnen ein Bild zum ersten Male

*) Näheres siehe in dem erwähnten Buche.

vorlegte*). Will man diese Bewegungen analysieren, so ist es notwendig, sie auf irgendeine Weise — zu späterem Studium — zu fixieren. Die besonderen Apparate, die für das Aufschreiben der Veränderungen der Gesichtsmuskulatur dienen, sind hier nicht zu brauchen und sollen deshalb erst bei der Mimik der Aufmerksamkeit beschrieben werden.

Ich wählte darum eine andere, die photographische Methode, die bis dahin nur bei Untersuchung von Geisteskranken angewendet worden ist. Ich zeigte den Kindern ein Bild und ließ sie im selben Augenblick photographieren.

Zwar erhält man auf diese Weise nicht den gesamten Gefühlsverlauf, sondern nur einen Ausschnitt aus demselben, immerhin bieten diese Bilder für die Vergleichung genügende Anhaltspunkte.

Die Figuren 114—125 zeigen dasselbe Kind vor allen zwölf vorgelegten Bildern: eine Skala der Gemütsbewegungen von ausgelassener Heiterkeit bis zum tiefsten Ernst. Es ist bemerkenswert, daß sich dieses Mädchen, das geistig nicht zu den ersten zählte, auch mit den schwierigeren Stimmungen am besten abzufinden wußte. Sie war ein Jahr älter als ihre Mitschülerinnen.

Fig. 136. Rumpelstilzchen.
(R. Voigtländers Künstlersteinzeichnungen.)

Figur 126 zeigt eine größere Anzahl von Schülerinnen bei Betrachtung des untenstehenden Bildes (Fig. 127), Figur 128 dieselben Kinder beim Betrachten des Bildes „Christus der Gekreuzigte" (Fig. 129)**). Es waren die ersten Bilder, die ich den Kindern vorlegte. Der Unterschied im Ausdruck der Kinder ist ja unverkennbar. Es handelt sich nun aber darum, festzustellen, wie genau der Ausdruck der Stimmung der Bilder entspricht.

---

*) Wie ausdrucksfähig Kindergesichter sind, zeigen die Figuren 111—113. Die Kinder kosten Zucker, Zitronen, Aloe. Auffällig ist beim Süßschmecken der Augenaufschlag bei allen drei Kindern, wie beim milchschmeckenden Säugling. Ich hatte gehofft, bei Betrachtung von Bildern den „süßen", „sauern" und „bittern" Zug wiederzufinden und so die auftretenden Gefühle genauer analysieren zu können. Das ist nur bei Süß gelungen. Bei dem „Süßesten" der zwölf vorgelegten Bilder (Blütenpracht von Biese, R. Voigtländers Verlag) trat wirklich der süße Zug um den Mund auf. Das Sauer und Bitter hätte ich weniger konzentriert geben sollen.

Näheres vgl. in: R. Schulze, Die Mimik der Kinder beim künstlerischen Genießen. R. Voigtländers Verlag, Leipzig. Preis 60 Pf. — Die Versuche sind an der Hand der in dieser Broschüre abgedruckten Bilder von mehreren Seminarlehrern mit ihren Zöglingen nachgeprüft worden.

**) Figur 130 und 131 sind aus dem Werke von Duchenne, Mécanisme de la physionomie humaine. — Duchenne reizte die Gesichtsmuskeln mit dem elektrischen Strom, um zu zeigen, welche Muskeln bei bestimmten Gefühlen beteiligt sind. Die Figuren 130 und 131 gibt er als Ausdruck der religiösen Stimmung wieder; das Bild Figur 130 findet man in dem Kopf der zweiten Schülerin oben wieder.

Um das zu untersuchen, legte ich die zwölf Kinderbilder vier Versuchspersonen vor, einer Dame, einem Gelehrten, einem Künstler und einem Lehrer*), und forderte sie auf, die Stimmung der Kinder zu beschreiben und sich ein Bild auszumalen, das dieser Stimmung entspricht. Unter den Figuren 126 und 128 sind einige von diesen Urteilen abgedruckt. Es ist auffällig, mit welcher Sicherheit z. B. die Versuchsperson A das Bild beschreibt, ohne es zu kennen, daß z. B. bei 126 sogar der Künstler geraten wird, ohne daß die Versuchsperson wußte, daß ich überhaupt ein Casparisches Bild mit vorgelegt hatte.

Nun erst zeigte ich den Versuchspersonen die zwölf Steinzeichnungen und forderte sie auf, zu jedem Bilde die passende Kinderphotographie zu legen. Bei

Fig. 137. Wenn der Mond aufgeht.
(Von Oskar Graf-Freiburg.)

Fig. 138. Pappeln im Sturm.
(Von Gustav Kampmann.)

(K. Voigtländers Künstlersteinzeichnungen.)

Versuchsperson A gelang das ohne Fehler, bei den andern Versuchspersonen mit geringen Vertauschungen.

Der erste Versuch ist der wichtigere. Aus der Analyse der Aussagen muß sich zeigen, welche Gefühlsmomente aus den Gesichtern zu erschließen waren**).

4. Pantomimische Ausdrucksbewegungen.

Es war bei diesen Versuchen nicht meine Absicht, auch die pantomimischen Bewegungen, die Bewegungen des gesamten Körpers und der Glieder, mit zu

*) Versuchspersonen waren: Frau Dr. Brahn, Privatdozent Dr. Brahn, Gewerbeschullehrer Lindemann, Kunstmaler Horst-Schulze.

**) Bezüglich der Einzelheiten verweise ich auf die angeführte kleine Schrift.

untersuchen. Ein glücklicher Zufall fügte es, daß die Photographien die Hände noch wiedergaben. Ich war darum erstaunt, auch hier zahlreiche Hinweise auf Gefühlswirkungen zu finden.

Starke Erregung äußert sich deutlich im straffen Aufrichten des Körpers, im Ballen der Faust oder im kräftigen Streichen des rechten Daumens; Beruhigung im Zusammensinken des Körpers, leichtem Auseinanderlegen der Hände oder Tasten mit den Fingerspitzen.

Fig. 139—143. Sprechende Hände.
(Aus: Neue Bahnen, R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

So haben wir in Figur 132 das Bild freudiger Erregung: geballte Faust, aufgerichteter Körper, Mund breit gezogen. (Das zugehörige Bild zeigt Fig. 136.)

Der zusammengesunkene Körper, die tastenden Finger und der breitgezogene Mund in Figur 133 deuten auf heitere Ruhe. (Ein farbenfreudiges Alpental.)

Figur 134: zusammengesunkener Körper, leicht aneinander gelegte Handflächen, Mund indifferent, Stirnfalten: Ruhe, gepaart mit Ernst. (Zugehöriges Bild Fig. 137.)

In Figur 135 endlich, bei hochaufgerichtetem Körper, kräftig streichendem Daumen, starken Stirnfalten, haben wir das Bild ernster Erregung. (Zugehöriges Bild Fig. 138.)

Die Bilder Figuren 134 und 135 sind besonders wichtig. Beide Male wurden Landschaften gezeigt, beide Male ernste Stimmungen. Das Aufregende der Gewitterlandschaft ist aber bei dem Kind ebenso deutlich zum Ausdruck gelangt, wie das Beruhigende der Mondlandschaft.

Daß auch Hände reden können, sehen wir an den Figuren 139 bis 143. Auch sie erzählen vom Innenleben ihrer Besitzer. Figuren 139 und 143: Behagliches Abtasten mit den Fingerspitzen, heiteres Genießen. (Bei Fig. 139 war es das farbenfreudige Alpenbild, bei 143 ein Hirt mit der Herde.)

Wie ganz anders arbeiten die Hände in Figuren 141 und 142! Welche Energie in der geballten Faust oder in dem kräftig streichenden Daumen der rechten Hand! Bei Figur 141 sind die Hände der dritten Schülerin ganz verschwunden, sie sind gehoben und über der Brust verschränkt. Es sind die Bilder größter Erregung, ernster Erregung in Figur 141 (Morgenrot, das bekannte Haugsche Bild aus der Zeit der Freiheitskriege) und freudige Erregung in Figur 142. (Rumpelstilzchen, Fig. 136.)

Den völligen Gegensatz bildet Figur 140: die Handflächen sind glatt aneinander gelegt: völlige Beruhigung. Es ist das Bild: Wenn der Mond aufgeht (Fig. 137).

Wer nun noch einmal die Frage stellt, ob die Kinder die Bilder recht verstanden haben, wird wohl eine Antwort bereit haben.

E. Willensvorgänge.

I. Zeitfehler bei astronomischen Beobachtungen.

1. Methoden der astronomischen Zeitmessung.

Der Leiter der Sternwarte von Greenwich, der Astronom Maskelyne, teilte im Jahre 1795 in den Veröffentlichungen der Sternwarte mit, daß er seinen Gehilfen Kinnebrook habe entlassen müssen, weil er sich eine „falsche" Methode der Beobachtung angeeignet habe. Er sah nämlich die Sterne immer eine halbe bis eine ganze Sekunde später als der Leiter der Sternwarte selbst*). Die Ehrenrettung des unglücklichen Assistenten erfolgte viele Jahre danach durch den deutschen Astronomen Bessel, der durch vergleichende Beobachtungen feststellte, daß die Angaben zweier Beobachter niemals genau übereinstimmen, daß vielmehr jeder in bestimmter Weise von irgendeinem andern abweicht, so daß alle seine Beobachtungen um einen gewissen Betrag von denen des zweiten differieren: Erscheinungen, die Bessel unter dem Namen der „persönlichen Gleichung" zusammenfaßte, ohne eine Erklärung geben zu können.

Die Methode der Astronomen war dabei die sogenannte Auge-Ohr-Methode. Der Beobachter richtet sein Fernrohr auf den bestimmten Ort des Himmels, wo der Durchgang eines Sternes zu erwarten ist, und beobachtet den Eintritt desselben in das Gesichtsfeld des Fernrohrs und sein Vorübergehen an dem Fadenkreuz, das in der Mitte des Gesichtsfeldes ausgespannt ist. Gleichzeitig hört er die Sekundenschläge einer Uhr und stellt nun fest, bei welchem Schlage der Durchgang erfolgt, ev., in welcher Entfernung vom Fadenkreuz ein bestimmter Schlag der Uhr zu hören war.

Um die „persönliche Gleichung" zu beseitigen, führte man eine andere Methode, die Auge-Hand-Methode, ein. Die Beobachtung im Fernrohr blieb dieselbe, nur fiel das Schlagen der Uhr weg. Dagegen drückte der Beobachter auf einen Taster und ließ diesen in dem Augenblick los, wenn der Stern durch das Fadenkreuz ging. Durch das Loslassen des Tasters wurde ein elektrischer Strom, der einen Markiermagneten betätigte, geöffnet, und der Schreiber dieses Magneten verzeichnete in diesem Augenblick auf einem sich bewegenden schmalen Papierband (wie beim Morseschen Schreibapparat) ein Zeichen. Auf demselben Papier

*) Alechsieff, N., Reaktionszeiten bei Durchgangsbeobachtungen. Philosoph. Studien, herausgeg. von W. Wundt. Bd. 16. Engelmann, Leipzig 1900.

verzeichnete ein anderer Magnet die Sekundenschläge einer gutgehenden Uhr. Man konnte nun die Zeit genau ablesen, wenn der Taster losgelassen worden war. Zu dieser Zeit sah der Beobachter den Stern durch den Faden gehen.

Aber auch bei dieser Methode, die noch heute an den Sternwarten gebraucht wird, blieb die „persönliche Gleichung" bestehen, und es ist der experimentellen Psychologie vorbehalten gewesen, die Ursachen dieser Erscheinung aufzuklären.

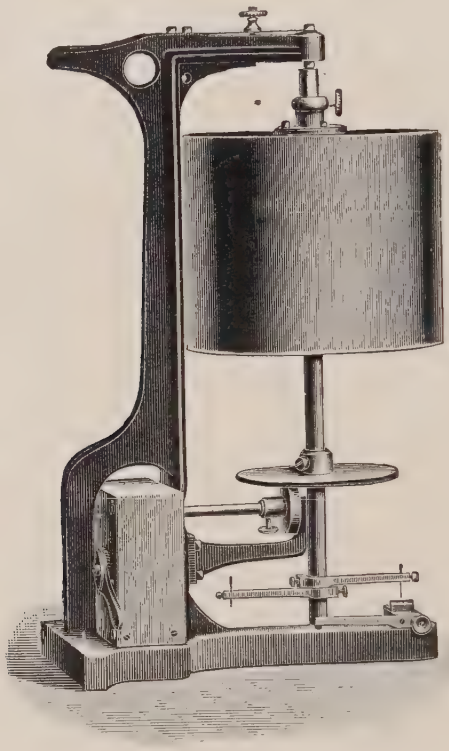


Fig. 144. Kymographion mit Uhrwerk.
(Aus dem Katalog der Firma W. Petzold, Leipzig-Kleinzschocher.)

2. Ein Sterndurchgang.

Um die Vorgänge bei astronomischen Beobachtungen nachzuprüfen, wollen wir versuchen, mit einfachen Hilfsmitteln einen Sterndurchgang zu beobachten.

In Figur 144 sehen wir noch einmal das Kymographion, das wir schon beim Aufzeichnen der Pulskurven brauchten und das sowohl wegen seines billigen Preises als wegen seiner Handlichkeit (es läßt sich senkrecht und wagrecht stellen) besonders zu empfehlen ist. Wir sehen, daß die aus dem Uhrwerk kommende

Achse eine kleine Rolle trägt, eine Friktionsrolle, durch deren Drehung die darauf lagernde Scheibe (und also auch die Trommel) mitgenommen wird. Je nachdem, ob wir die kleine Friktionsrolle näher oder weiter von der Trommelachse schieben, erfolgt die Drehung der Trommel langsamer oder schneller. Wir sehen auf der Figur 144 auch deutlich die beiden Kontaktvorrichtungen unten an der Achse, die kleine Stifte tragen. Einer derselben streift soeben über ein Hindernis aus Messing und würde dadurch eben jetzt einen Strom schließen, der

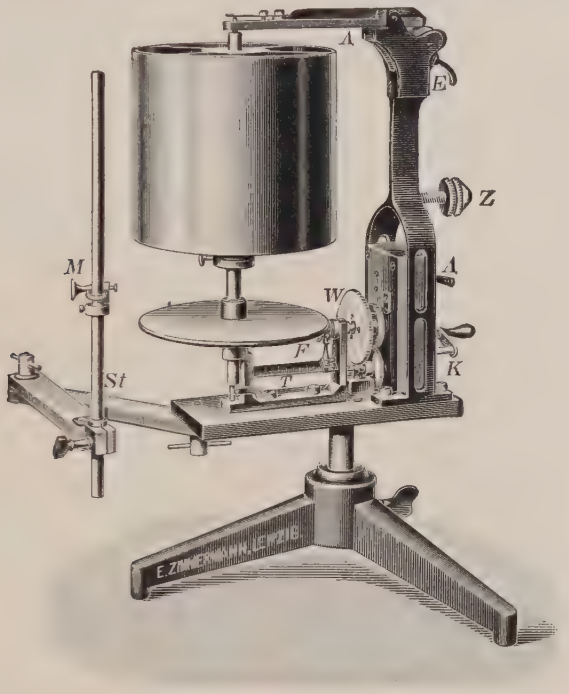


Fig. 145. Kymographion.

von der kleinen Schraube vorn durch die an der Trommelachse ganz unten anliegende Feder, dann durch die Achse selbst, durch den Kontaktstab, den Stahlstift, das Messinghindernis nach einer hinten befindlichen Schraube und von da weiter geführt werden kann. Sobald beim Weiterdrehen des Kymographions der Stift von dem Hindernis abgleitet, ist der Strom wieder unterbrochen*).

Die für Sternbeobachtungen und andere psychologische Zeitmessungen nötigen Geschwindigkeiten lassen sich mit einem so einfachen Apparat aber nicht erzielen,

*) Diese Einrichtung brauchen wir später für die Reaktionsversuche mit akustischer Reizung. — Das in Figur 145 abgebildete Kymographion eignet sich besonders für die in Kapitel D, II beschriebenen Puls- und Atemversuche.

es sind dazu komplizierte, höchst kostspielige Apparate (600—900 M.) notwendig. Deswegen habe ich an dem einfachen Kymographion eine kleine Änderung getroffen, mit Hilfe deren man eine sehr schnelle und regelmäßige Bewegung der Trommel erhält, wobei die Behandlung eine so einfache ist, daß auch Ungeübte (Seminaristen usw.) gute Resultate erzielen. Figur 146 zeigt den abgeänderten Apparat*). Man spannt die Spiralfeder S, indem man sie vor das Widerlager W schiebt. Drückt man jetzt auf die Feder F, so dreht sich die Trommel einmal um ihre eigene Achse und schnappt nach einer Umdrehung von selbst wieder in die Feder F ein. Die Rolle R kann um ein Sperrad Sp gedreht werden. Dadurch wird der Druck der Feder S gegen das Widerlager W verändert und die Geschwindigkeit des Trommelumlaufs reguliert. Will man die Geschwindigkeit prüfen, so bezieht man die Trommel mit Papier, berußt dies (vgl. Seite 94) und läßt während des Umlaufs eine lange Stahlfeder (etwa das Stück von der Feder einer Weckeruhr), an der man mit Wachs ein Stück Pferdehaar befestigt hat, ihre Schwingungen aufzeichnen. (Fig. 151 u. 153 zeigen solche Schwingungen.)

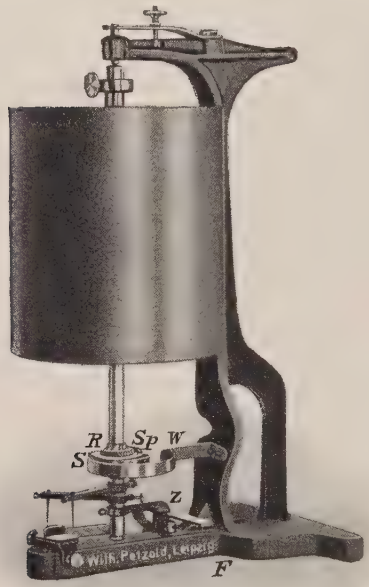


Fig. 146. Federkymographion.

Diese Zeitprüfung nimmt man am besten *vor* und *nach* den Versuchen vor, damit die Versuchsperson nicht durch das Geräusch der Feder beim Beobachten gestört wird.

Sehr gut eignet sich auch zur Zeitschreibung eine kleine elektrische Klingel. Man entfernt die Glocke und verlängert den Klöppel zu einem langen Schreiber (Fig. 155 zeigt oben einen solchen Schreiber und die von ihm gezeichnete Kurve**).

Für genaue Zeitprüfungen bei wissenschaftlichen Arbeiten verwendet man elektromagnetisch erregbare Stimmgabeln. Figur 148 zeigt die Stimmgabel mit dem Elektromagneten zwischen den beiden Armen. Man leitet den Strom in die Klemme rechts (an der Wurzel der Gabel), er geht dann durch die Gabel

*) Bei diesem Apparat ist Uhrwerk, Friktionsrolle und Friktionsscheibe herausgenommen worden, weil ich dies Kymographion nur für kurze Zeiten benutze. Man kann aber diese Teile auch am Apparat belassen, so daß er sich dann für langsame *und* kurze Zeiten eignet.

**) Diese einfachen Zeitprüfungen sind natürlich nur für Demonstrationen zu empfehlen. — Recht praktisch ist die in Figur 147 dargestellte einfache Fünftelsekundenmarke.

selbst, durch den gekrümmten Platindraht in die Klemme links, von da um den Elektromagneten und zur mittleren Klemme. Von dieser führt man ihn zu einem Markiermagneten, der die Schwingungen am Kymographion aufzeichnet. Im Augenblick des Stromschlusses werden die beiden Arme der Stimmgabel nach innen gezogen. Infolgedessen berührt der Stift die Klemme links nicht mehr, der Strom ist dadurch unterbrochen, die Stimmgabel schwingt wieder nach außen und immer so fort, nach dem Prinzip der elektrischen Klingel.

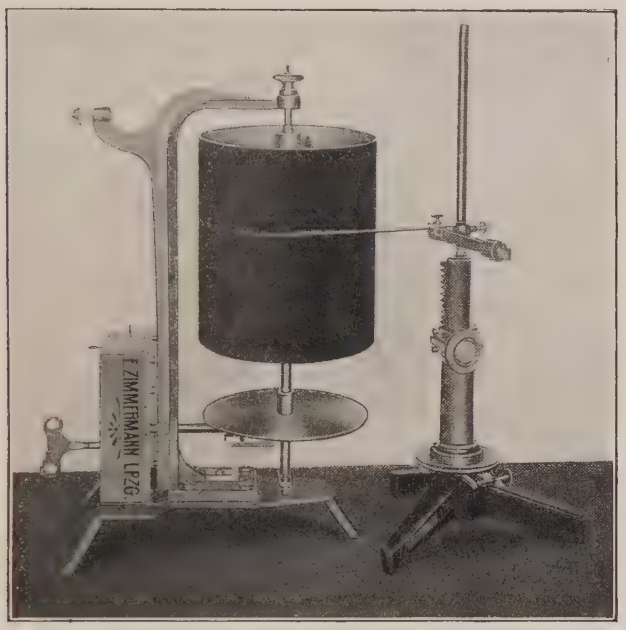


Fig. 147. Einfache Fünftelsekundenmarke.

Man kann auch die Stimmgabel auf einem Stativ befestigen (Fig. 149) und ihre Schwingungen durch eine Borste selbst aufzeichnen lassen. Am besten verwendet man eine Stimmgabel mit 100 Schwingungen in der Sekunde.

Die Stimmgabel selbst kann man prüfen, indem man unter oder über der Stimmgabelkurve den Jaquetschen Chronographen schreiben läßt. Figur 149 zeigt die Anordnung der Apparate und Figur 150 die bei einer solchen Prüfung erhaltenen Kurven. Der Chronograph war auf $^1/_5$ Sekunde eingestellt,

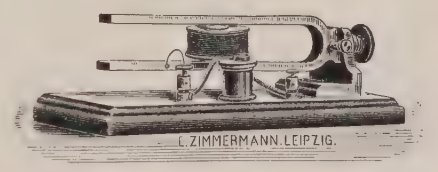


Fig. 148. Elektromagnetische Stimmgabel.

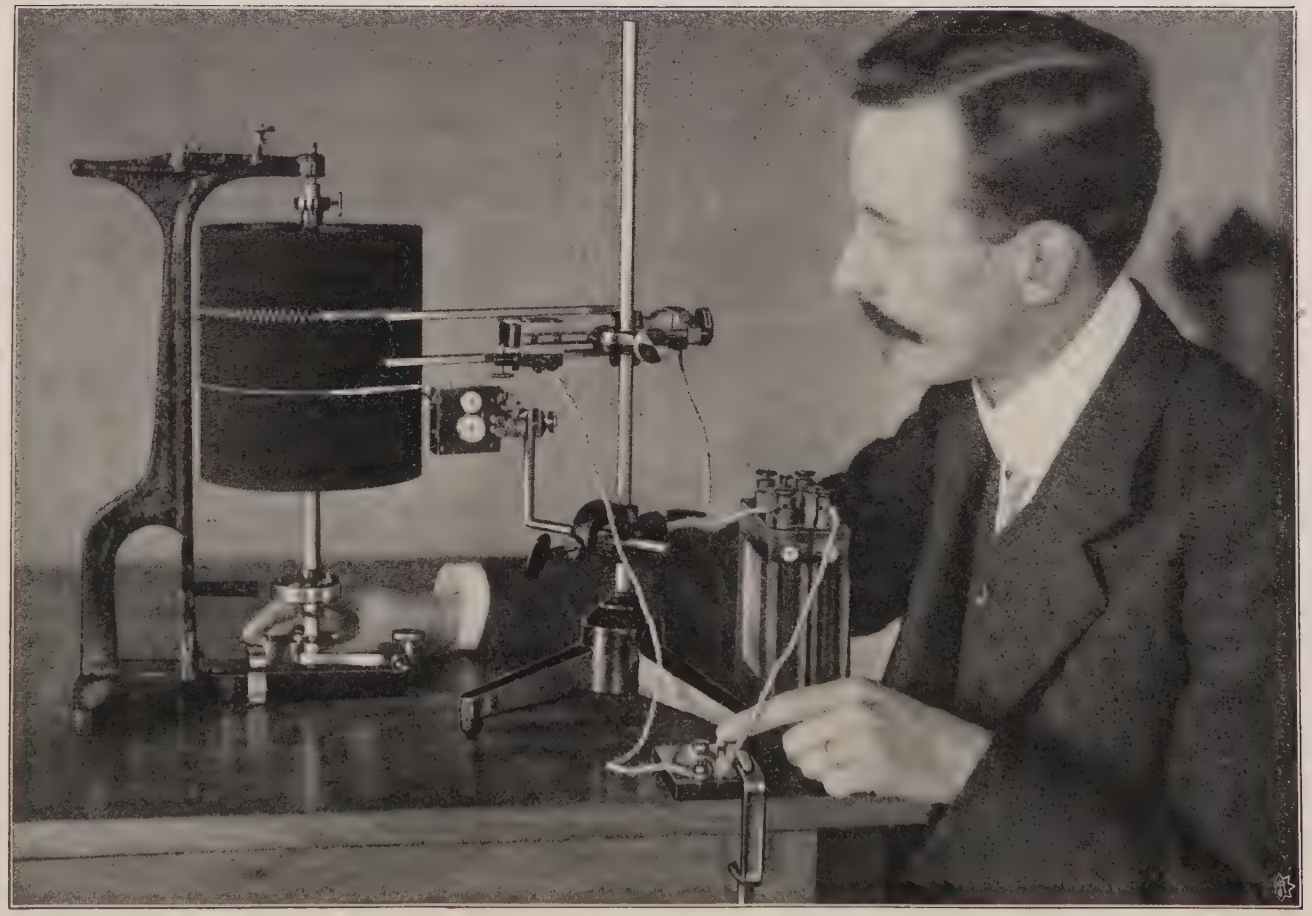


Fig. 149. Prüfung einer Stimmgabel durch den Jaquetschen Chronographen.

und man sieht, daß die Stimmgabel genau 20 Schwingungen während dieser Zeit aufschrieb*).

Nun wieder zu unserm Sterndurchgang. Wir zeichnen auf der Trommel einen senkrechten Strich von oben bis unten, der den Stern vorstellt. (In Fig. 151 befindet sich der Strich auf der Rückseite der Trommel, er ist bereits vor dem Kind vorbeigegangen.) Das Fadenkreuz des Fernrohres bildet das Stativ links vom Apparat**). In dem Augenblick, wo der Stern hinter dem Stativ vorbeigeht, muß das Kind den Taster (Fig. 152) loslassen. Dadurch wird der Strom geöffnet, der von einem Trockenelement zu einem Markiermagnet, dann zum Taster und zum Element zurückgeht.

Vor dem Versuch stellt man das Kymographion so ein, daß der „Stern", also der senkrechte Strich, für das Kind genau hinter das „Fadenkreuz", also das Stativ, zu stehen kommt. Bei dieser Stellung des Kymographions zieht man nun einen zweiten senkrechten Strich, und zwar genau dort, wo die Schreibspitze des

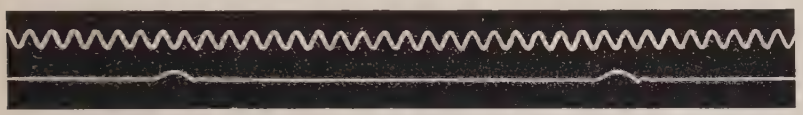


Fig. 150. Stimmgabelschwingungen und zwei Marken des Chronographen von Jaquet.

Markiermagneten die Trommel berührt. (Diesen Strich sieht man in Fig. 151.) Nun kann der Versuch beginnen.

Das Kind drückt auf den Taster und beobachtet scharf das Stativ. Nach Spannung der Spiralfeder löst der Experimentator unten die Hemmung, indem er: „Achtung, jetzt!" ruft. Die Trommel dreht sich, der Hebel des Markiermagneten wird durch den Strom nach unten gezogen und schreibt in dieser Stellung eine wagerechte Linie. Jetzt geht der erste senkrechte Strich (der „Stern") hinter dem Stativ vorbei, im selben Augenblick steht der Schreiber am zweiten Strich. Das Kind hebt „sofort" den Taster, der Schreibhebel geht ein Stück nach oben. Wir sehen nun aber an Figur 151, daß das Loslassen des Tasters durchaus nicht „sofort" erfolgte, sondern etwa eine Schwingung der Zeitschreibung (die ungefähr $^1/_5$ Sekunde betrug) später. Das Kind hat also bei seiner Sternbeobachtung einen Fehler von $^1/_5$ Sekunde gemacht.

Prüft man mit dieser Methode verschiedene Beobachter, so wird man bald finden, daß jedes Kind seine eigene Art zu beobachten hat, jedes hat seine „persönliche Gleichung". Wir finden namentlich eine ganze Anzahl von Individuen, die den Taster schon loslassen, ehe noch der Strich vorbeigegangen ist. Sie sehen also den Stern eigentlich schon, ehe er da ist. Wie ist das zu erklären? Eine genaue Überlegung zeigt uns, daß wir es hier mit einem sehr

*) In ähnlicher Weise kann man die benutzte schwingende Feder oder elektrische Klingel durch das in Figur 58 dargestellte Metronom prüfen.

**) Der Versuch wird genauer, wenn man anstatt des Stativs einen weißen Faden senkrecht vor dem Kymographion ausspannt.

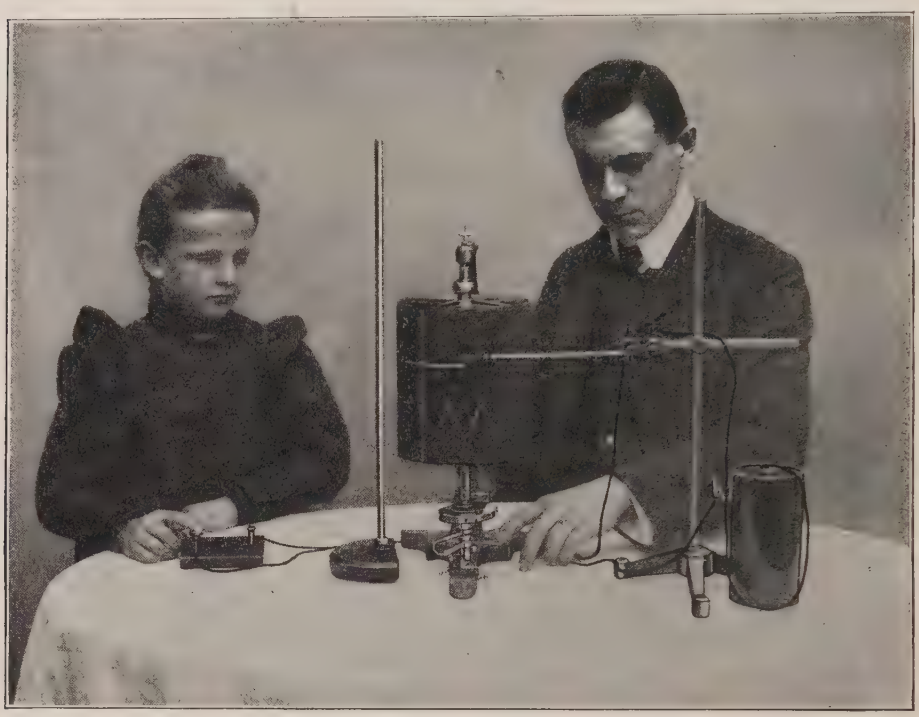


Fig. 151. Einfacher Reaktionsversuch nach graphischer Methode: Optische Reaktion.

komplizierten Vorgang zu tun haben. Es handelt sich um die Koordination zweier Muskelgruppen, der Muskeln des Fingers und der Augenmuskeln. Manche Beobachter fixieren gar nicht den Stab, sondern verfolgen mit ihren Augenbewegungen (oder wenigstens mit der Aufmerksamkeit im indirekten Sehen) den ankommenden Strich und halten gleichzeitig die Fingermuskeln in Bereitschaft,

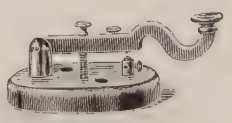


Fig. 152. Taster.

um möglichst ein zeitliches Zusammentreffen beider Bewegungen (Ankommen der Augenbewegung am Stab und Heben des Fingers) zu erreichen. Je nachdem dabei die Aufmerksamkeit mehr der einen oder andern Muskelgruppe zugewendet ist, kann die Fingerbewegung vor oder nach der eigentlichen Deckung erfolgen.

Eine psychologische Analyse des Vorgangs wird uns auch in diesem Falle nur dann gelingen, wenn wir die Bedingungen vereinfachen können.

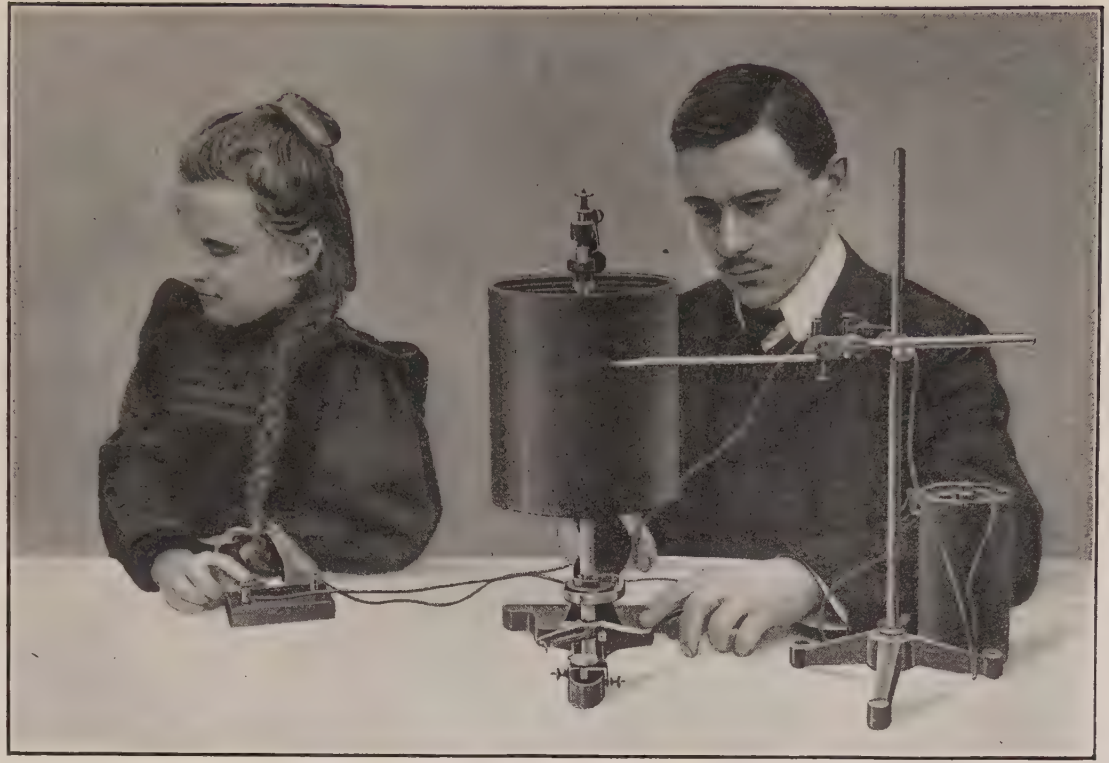


Fig. 153. Einfacher Reaktionsversuch nach graphischer Methode: Akustische Reaktion.

II. Reaktionsversuche nach graphischer Methode.

1. Reaktion mit optischer Reizung.

Psychologisch betrachtet wird der Versuch außerordentlich viel einfacher, wenn ich die rechte Seite des Gesichtsfeldes (vom Stativ aus) dem Kinde durch eine Pappe ganz verdecke. Jetzt kann es den ankommenden Strich nicht mehr, weder mit Augenbewegungen noch mit der Aufmerksamkeit — im indirekten Sehen — verfolgen, es kann nur den Stab fixieren, hinter dem der Strich hervorkommt, und dann so schnell wie möglich die Fingerbewegung ausführen.

Und was wir bei diesem Versuch, einem sogenannten Reaktionsversuch, einer Messung unterziehen, ist nichts anderes, als ein Willensvorgang einfachster Art. Jeder Willensvorgang läßt sich ja, äußerlich betrachtet, in zwei Momenten abgrenzen, im Auftreten eines „Reizes" und einer sich anschließenden und den Willensvorgang abschließenden Muskelbewegung. So etwa beim Kinde, das nach dem Apfel greift. Das Auftauchen des Bildes vom Apfel ist der „Reiz", im Greifen nach dem Apfel ist die Willenshandlung abgeschlossen.

Auch bei unserm Versuch handelt es sich um einen optischen Reiz, es bedarf aber nur einer geringen Abänderung, um den Versuch auch mit akustischer Reizung ausführen zu können.

2. Reaktion mit akustischer Reizung.

Die Versuchsanordnung für akustische Reizung zeigt Figur 153. Man zeichnet auf die Trommel diesmal einen senkrechten Strich und stellt die Schreibspitze so, daß sie gerade den Strich trifft, wenn der Stahlstift unten*) an dem Hindernis vorbeigeht. Dabei gibt der Stift einen Ton. Auf dieses Zeichen hat die Versuchsperson zu reagieren. Sie wendet sich dabei vom Apparat ab und schließt die Augen. Im übrigen bleibt alles wie im vorigen Versuch.

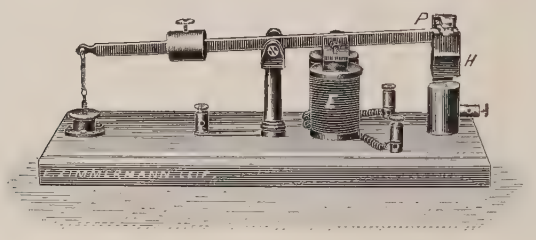


Fig. 154. Elektromagnetischer Schallhammer.

Vor einem größeren Auditorium muß man einen lauteren Schall verwenden. Dazu dient der in Figur 154 abgebildete Schallhammer. Schicke ich durch den Elektromagneten (die zwei Klemmen rechts von E sind dazu zu benutzen) einen Strom, so wird der Hammer H angezogen und schlägt auf den Amboß. Leite

*) Für die Versuche mit optischer Reizung muß die Kontakteinrichtung außer Tätigkeit gesetzt werden, indem man sie an der Achse des Kymographions etwas höher rückt.

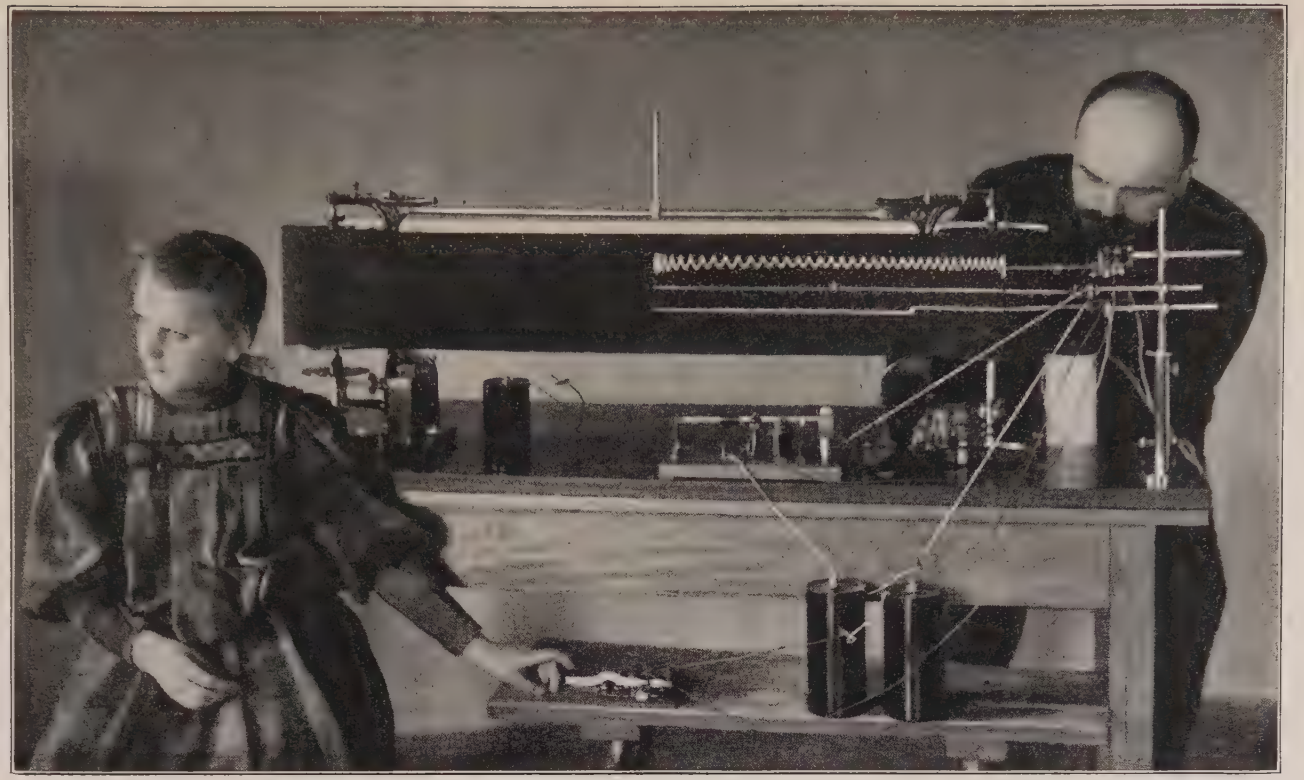


Fig. 155. Akustische Reaktion mit Benutzung des Schallhammers.

ich einen Strom durch die andern beiden Klemmen (ganz rechts und ganz links), so wird dieser erst in dem Augenblick geschlossen, wenn der Hammer niederschlägt. Wir kommen zu folgender Versuchsanordnung (Fig. 155):

Erster Stromkreis: Von dem hintenstehenden weißen Element zu dem obersten Schreiber, der nur aus einer elektrischen Klingel hergestellt ist. (Zeitschreibung.)

Zweiter Stromkreis: Von den Kontaktschrauben des Kymographions zum Elektromagneten des Schallhammers. (Ganz links stehendes Element.) Dieser Stromkreis wird in dem Augenblick geschlossen, wenn beim Drehen des Kymographions der Metallstift an der Kontaktvorrichtung vorbeistreift.

Dritter Stromkreis: Vom links unten stehenden Element zum Schallhammer, durch Hammer, Amboß und zweiten Schreiber zum Element. Dieser Stromkreis wird erst in dem Augenblick geschlossen, wenn der Hammer niederfällt. In diesem Augenblick zeichnet er eine Spitze nach oben.

Vierter Stromkreis: Vom rechts unten stehenden Element zum Taster, zum dritten Schreiber und zum Element zurück. Dieser Schreiber geht nach oben, sobald das Kind den Finger vom Taster losläßt.

Für diese Versuche habe ich mir zwei der beschriebenen Kymographien, eins mit Uhrwerk, eins mit der Federeinrichtung, auf einem Brett anordnen lassen. Man erhält dabei eine lange Schreibfläche (sogenannte Heringsche Schleife).

Bei dem dargestellten Versuch liegen zwischen dem Niederschlagen des Hammers und dem Loslassen des Tasters etwa 8 Schwingungen, und da eine Schwingung etwa 60 Tausendstel-Sekunde betrug — man schreibt dafür gewöhnlich 60 σ, ein σ (Sigma) ist eine Tausendstel-Sekunde —, so dauerte die Reaktion 480 σ, also etwa $^1/_2$ Sekunde, eine sehr lange Zeit für akustische Reaktion. Das Kind war noch nicht geübt für diese Versuche. Die normale Reaktionszeit für Schalleindrücke (bei Erwachsenen) beträgt 100—120 σ, für Lichteindrücke 180—250 σ.

Wir können mit unserm Apparat auch einen Tastreiz einwirken lassen, wenn wir durch die Kontaktvorrichtung des Kymographions einen Induktionsapparat betätigen, durch den die Versuchsperson einen schwachen elektrischen Schlag erhält. Die Reaktionszeiten für Tasteindrücke sind meist noch etwas kürzer als die bei Schalleindrücken. Doch interessieren uns diese Unterschiede weniger, weil sie lediglich in physiologischen Verhältnissen begründet sind. Das Ansteigen der Erregung erfolgt bei den „mechanischen" Sinnen (Tast- und Schallreize) schneller als bei den „chemischen" (Gesicht, Geruch, Geschmack). Die Reaktionszeiten für Geruch und Geschmack sind meist noch bedeutend größer als die für Gesichtsreize.

III. Reaktionsversuche nach registrierender Methode.

Die psychologische Zeitmessung kann auch in der Weise erfolgen, daß die Zeiten nicht direkt aufgeschrieben werden (graphische Methode), sondern daß sie durch eine Uhr angezeigt werden, indem man an der Stellung der Zeiger die Dauer des Reaktionsvorganges abliest (registrierende Methode).

Bei der registrierenden Methode verwendet man das Chronoskop nach Hipp, eine elektrische Uhr (Fig. 156), die durch ein Gewicht getrieben und durch Ziehen an zwei Schnuren in Gang gesetzt und arretiert wird.

Sobald man an der einen Schnur (Fig. 250) zieht, beginnen die Räder zu laufen. Gleichzeitig schwingt die metallene Feder F, die in der Sekunde genau 1000 Schwingungen macht, hin und her. Das schnellste Rad des Uhrwerks, S, kann jedesmal um einen Zahn weiter rücken, wenn die Feder bei ihren Schwingungen nach oben ausweicht. Dieses Rad rückt also in einer Tausendstel-Sekunde genau einen Zahn weiter. Der mit diesem Rad verbundene kleine Zeiger des oberen Zifferblatts zeigt entsprechend bei einem Weiterrücken um einen Strich eine Tausendstel-Sekunde an. Der Zeiger des unteren Zifferblatts gibt die Zehntel-Sekunden. Stand also zu Anfange des Reaktionsversuches der untere Zeiger auf 23, der obere auf 84, bei Beendigung des Versuchs der untere auf 25, der obere auf 56, so sind wir von 2384 Tausendstel auf 2556 Tausendstel gekommen. Die Reaktionszeit betrug demnach 2556 — 2384 = 172 Tausendstel-Sekunden (172 σ).

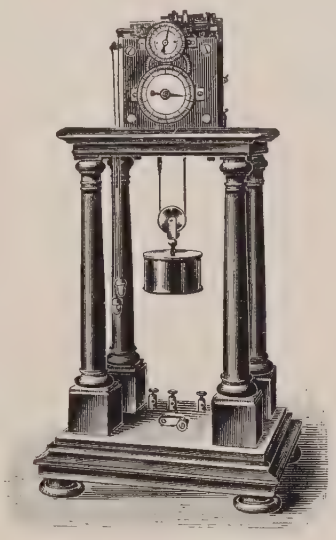


Fig. 156. Chronoskop von Hipp.

Nun läuft aber für gewöhnlich der Zeiger Z_2 und infolgedessen auch der Zeiger Z_1 gar nicht mit, auch wenn das Räderwerk in Tätigkeit gesetzt ist. Die Achse xx des Zeigers Z_2 geht nämlich durch alle Räder als selbständig drehbare Achse hindurch und wird samt dem Zeiger und dem an der Achse befestigten Halter h durch die Feder g nach links gedrückt, so daß der Halter h, wie Figur 4*) zeigt, in das Kronenrad K_2 eingreift, das an der Wand des Uhrwerks fest angebracht ist. So ist also für gewöhnlich der Zeiger arretiert, auch wenn das Uhrwerk läuft. Schicke ich nun einen Strom in den Elektromagneten F_2, so wird der Anker m nach unten und dadurch die Schraube y mit der Achse xx, dem Halter h und dem Zeiger Z_2 nach rechts gezogen, so daß der Halter h, wie Figur 1 zeigt, jetzt in das Kronenrad K_1 eingreift. Da nun das Kronenrad K_1, das mit dem Rad S (durch R_3) in fester Verbindung steht, dauernd herumläuft, so wird in diesem Augenblick der Zeiger von dem Uhrwerk mitgenommen. Sowie ich den Strom öffne, wird der Anker m durch die Feder F nach oben gezogen, die Achse xx mit dem Halter h und dem Zeiger Z_2 rückt nach links, und der Zeiger steht still, auch wenn das Uhrwerk weiterläuft. Der Zeiger läuft also nur solange mit, als der Strom durch den Elektromagneten geht.

*) Immer in Abbildung 250.

Man muß daher die Versuchsanordnung für einen Reaktionsversuch so treffen, daß durch den Reiz (etwa das Aufschlagen des Hammers) der Stromkreis geschlossen, durch die Reaktion (das Loslassen des Tasters) der Kreis wieder geöffnet wird.

Nun besteht aber folgende Schwierigkeit. Die Messung kann nur dann genau sein, wenn das Anziehen des Ankers ebenso schnell erfolgt wie das Losreißen durch die Feder. Beide Kräfte müssen also genau gegeneinander abgewogen werden. Infolgedessen muß das Chronoskop genau geprüft werden, etwa

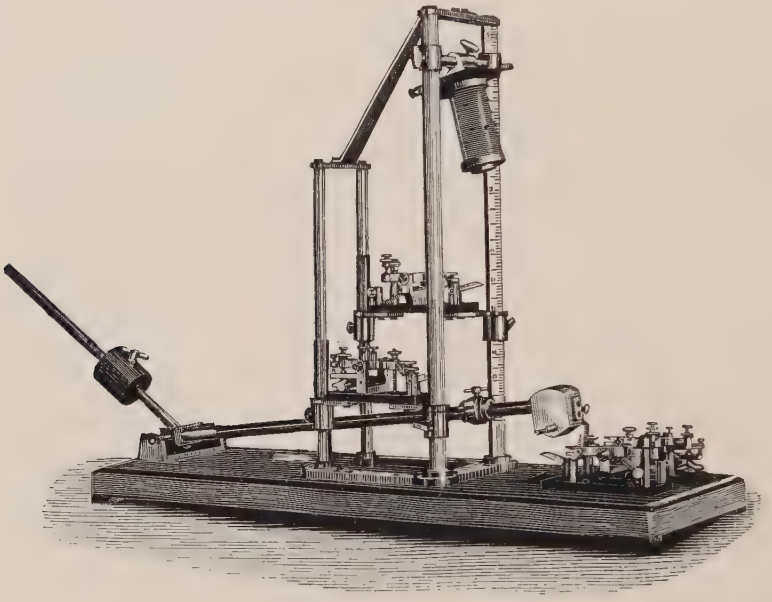


Fig. 157. Großer Kontrollhammer (nach W. Wundt).

durch den in Figur 157 abgebildeten Kontrollhammer von Wundt oder durch den Fallapparat von Ebbinghaus (Fig. 158). Außerdem muß die Stärke des Stromes während der Versuche gemessen und durch einen Widerstand stets konstant erhalten werden.

Die auf diese Weise entstehenden komplizierten Versuchsanordnungen sind für pädagogische Versuche kaum zu empfehlen. Aus diesem Grunde ist auch das graphische Verfahren besonders ausführlich beschrieben worden, das leider bei Reaktionsversuchen fast nie angewendet wird. Die einzige Unbequemlichkeit bildet das Auszählen der Kurven. Die Vorzüge des Verfahrens sind große Einfachheit und Genauigkeit.

Die Registriermethode wird sich nur dann empfehlen, wenn es gelingt, das Chronoskop zu vereinfachen.

IV. Die Einschaltungsmethode.

Was wir bei unsern Reaktionsversuchen gemessen haben, das ist die Zeit eines „einfachen" Willensvorganges. In dieser Zeit sind aber folgende sieben Teilvorgänge enthalten (nach Wundt):

1. Ansteigen der Erregung im Sinnesorgan
2. Leitung nach dem Zentralnervensystem

} physiologische Vorgänge,

3. Eintritt des Reizes in das Blickfeld des Bewußtseins
4. „ „ „ „ den Blickpunkt „ „
5. Auslösung des Willensvorgangs

} psychologische Vorgänge,

6. Leitung vom Zentralnervensystem zum Muskel
7. Ansteigen der Erregung im Muskel

} physiologische Vorgänge.

Es ist kaum zu hoffen, daß es uns gelingt, die Dauer dieser Einzelvorgänge zu bestimmen und so zu rein psychologischen Zeiten vorzudringen.

Auf einem andern Wege aber wird dies eher möglich sein.

Wenn ich einmal (durch viele Versuche) die einfache Reaktionszeit eines Kindes kenne, so kann ich den Prozeß komplizieren, ich kann eine Erkennung des Reizes einschieben, eine Wahl u. s. f. Dann werden wir längere Reaktionszeiten erhalten. Ziehen wir von diesen Zahlen die Zeit des einfachen Reaktionsvorgangs ab, so bleibt eine Zahl, die man nun als reine „Erkennungszeit", „Wahlzeit" u. s. f. in Anspruch nehmen kann.

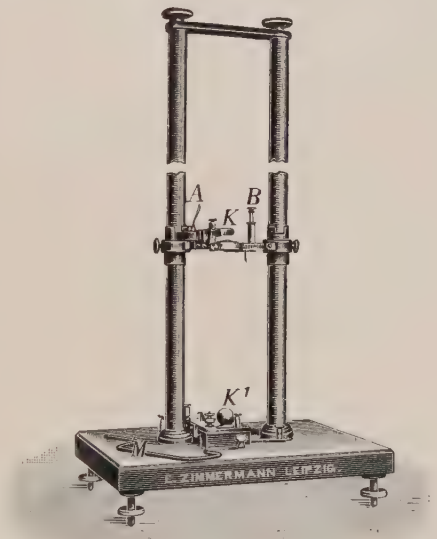


Fig. 158. Fallapparat (nach Ebbinghaus).

Erkennungsreaktionen lassen sich mit unsern Hilfsmitteln sehr leicht ausführen. An dem Kymographion befinden sich unten zwei Kontaktvorrichtungen mit Federn. Man kann nun zwei Federn einspannen, die verschiedene Töne geben und kann verlangen, daß die Versuchsperson nur auf den einen (etwa den hohen) Ton reagiert. Bei den Versuchen nimmt man nun abwechselnd den hohen oder den tiefen Ton.

Auch Wahlreaktionen lassen sich ausführen, wenn man verlangt, daß die Versuchsperson auf den hohen Ton mit dem rechten, auf den tiefen mit der linken Hand reagiert. Man braucht dazu natürlich zwei Taster und zwei Schreiber. Schließlich kann man mehrere Reize verwenden, etwa für jeden Finger einen besonderen, dann benutzt man den zehnfachen Reaktionstaster Figur 159.

Die Methode hat nach ihrer Anwendungsart, der Einschaltung immer komplizierterer Prozesse, den Namen Einschaltungsmethode erhalten.

Wir haben damit die drei wichtigsten psychologischen Methoden kennen gelernt.

1. Die reine Eindrucksmethode. (Empfindungen und Vorstellungen.)
2. Die Ausdrucksmethode. (Gefühle.)
3. Die Einschaltungsmethode. (Willensvorgänge.)

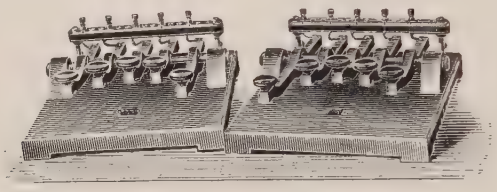


Fig. 159. Zehnfacher Reaktionstaster.

V. Muskuläre, sensorielle und natürliche Reaktion.

Wir kommen noch einmal auf den einfachen Willensvorgang zurück, also etwa auf die in Figur 153 dargestellte akustische Reaktion. Auch in diesem einfachsten Fall bleibt die „persönliche Gleichung" bestehen, d. h. es gibt Individuen, deren Willensvorgänge durchschnittlich einen wesentlich andern zeitlichen Verlauf zeigen als die andrer Individuen. Dauert z. B. beim einen die Reaktionszeit für Lichteindrücke 180 σ, so beträgt sie beim andern 250 σ. Eine genaue psychologische Analyse zeigt, daß mit diesen Zeitunterschieden prinzipielle Unterschiede im Verlauf des Willensvorgangs Hand in Hand gehen. Der eine richtet seine Aufmerksamkeit beinahe ausschließlich auf den einwirkenden Reiz (sensorielle, langsame Reaktion), der andre fast ausschließlich auf die auszuführende Bewegung (muskuläre, schnelle Reaktion). Außerdem gibt es noch die sogenannte „natürliche" Reaktion, bei der die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit möglichst gleichmäßig zwischen Reiz und Bewegung verteilt. Eine völlig gleiche Verteilung der Aufmerksamkeit ist aber nie möglich, im einzelnen Versuch ist immer entweder der Reiz oder die Bewegung wesentlich schärfer beachtet. Stelle ich darum etwa 500—1000 Versuche an und ordne sie nach ihrem zeitlichen Verlauf zu einer Häufigkeitskurve (vgl. Abschnitt A), so erhalte ich demnach nicht eine einheitliche Kurve, sondern eine solche, wie sie (schematisch) nach Wundt in der ausgezogenen Linie

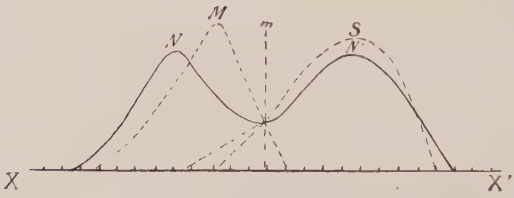


Fig. 160. Schema der Häufigkeitskurven bei Reaktionsversuchen nach Wundt. (Grundriß der Psychologie 7. Aufl. 1905, S. 244. W. Engelmann, Leipzig.)

(Fig. 160) gezeichnet ist, wobei die beiden Gipfel anzeigen, daß die Aufmerksamkeit manchmal mehr auf den Reiz (dann ergab sich als häufigster Fall vielleicht 250 σ) und manchmal auf die Bewegung (dann war der häufigste Fall vielleicht 180 σ) gerichtet war. Die punktierten Linien der Figur bedeuten die Verteilung der muskulären und der sensoriellen Reaktion.

In Figur 161 ist eine aus vielen Versuchen gewonnene Verteilung bei allen drei Reaktionsarten gezeichnet. Das Maximum der Versuche liegt für die verkürzte (muskuläre) Reaktion bei 150 σ, für die natürliche Reaktion bei 200 σ,

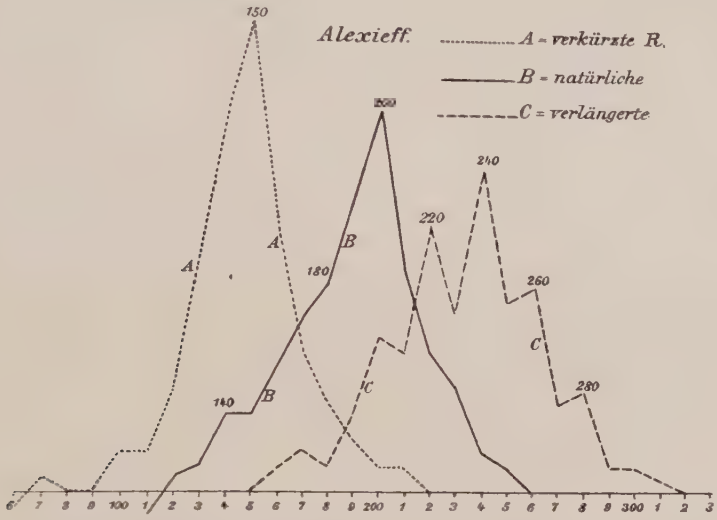


Fig. 161. Verteilungskurve der muskulären, natürlichen und sensoriellen Reaktion. (Aus: Alexieff, N., Reaktionszeiten bei Durchgangsbeobachtungen. Philosophische Studien 16. W. Engelmann, Leipzig.)

für die verlängerte (sensorielle) Reaktion bei 220—240 σ. Die natürliche Reaktion zeigt in diesem Falle allerdings nicht die erwarteten zwei Gipfel, es gibt hier auch Ausnahmen.

Wundt behauptet nun, daß die natürliche Reaktion die ursprüngliche Form des Willensvorgangs sei.

Es wäre darum von außerordentlicher Wichtigkeit, den Reaktionsverlauf bei Kindern nach der Methode der Häufigkeitskurven zu studieren. Hier müßte die „natürliche" Reaktion in ihrer reinsten Form auftreten.

VI. Pädagogische Beeinflussung des Willensvorgangs.

Wenn die „natürliche" Reaktionsweise die ursprüngliche ist, so muß angenommen werden, daß die Formen der muskulären und sensoriellen Reaktion

ihr Auftreten besondern Bedingungen verdanken, und es liegt der Gedanke nahe, daß sie durch bestimmte Maßnahmen künstlich hervorgerufen, gewissermaßen gezüchtet werden können. Solche Versuche sind von Wundts Schülern ausgeführt worden*).

Figur 162 A gibt die natürliche Reaktionsform eines Beobachters, der, wie man sieht, schon wesentlich muskulär reagiert*), doch finden sich Anzeichen dafür, daß auch eine Anzahl sensorieller Reaktionen mit untergelaufen sind, darin, daß bei 130 σ ein zweiter kleiner Gipfel auftritt, der bis 150 σ reicht. Nun wurde die Versuchsperson angewiesen, die Aufmerksamkeit besonders auf die Bewegung zu richten. Das Ergebnis sehen wir in Figur 162 B. Die Reaktion ist schneller geworden, die Reaktionen über 130 σ sind gänzlich verschwunden, dagegen finden sich solche bis unter 50 σ herab. — Bei der nun gegebenen Anweisung, auf den

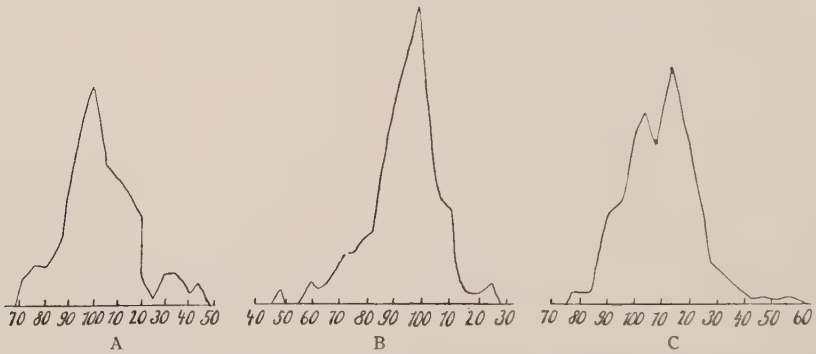


Fig. 162. Streuungskurven der Reaktionen eines vorwiegend muskulär reagierenden Beobachters (I): A natürliche Reaktion (205 Versuche), B Einübung auf muskuläre (291 Versuche), C auf sensorielle Reaktion (590 Versuche). (Aus: Wundt, Grundzüge der phys iol. Psychologie. Bd. III, 421. W. Engelmann, Leipzig.)

Reiz zu achten, entstand die Kurve 162 C. Es treten Werte bis 160 σ auf, die Werte unter 70 σ verschwinden: sensorielle Reaktion.

In Figur 163 beobachten wir, wie ein stark sensorisch reagierender Beobachter durch Übung die muskuläre und die rein sensorielle Reaktionsform erwirbt.

Und Figur 164 endlich läßt die einzelnen Stufen eines solchen Prozesses erkennen. A: wesentlich muskuläre Reaktion. Nach Beachten der Vorschrift, besonders auf den Reiz zu achten, tritt in B ein zweiter Gipfel auf, zunächst klein, dann größer (C). Zuletzt ist dieser zweite Gipfel der Hauptgipfel geworden. (Sensorielle Reaktion.)

Bemerkenswert war dabei, daß auch die Streuung der Kurven, die mittlere Variation, eine große Rolle bei solchen Versuchen spielt. Im allgemeinen wurde

*) Nach R. Bergemann, Reaktionen auf Schalleindrücke, nach der Methode der Häufigkeitskurven bearbeitet.

durch wiederholte Versuche die Streuung geringer, im besondern war die Streuung bei der muskulären Reaktion am geringsten.

Diese Versuche haben also gezeigt, daß der einfache Willensvorgang durch planvolle Einwirkung abgeändert werden kann, indem er entweder in eine muskuläre oder sensorielle Form ausmündet.

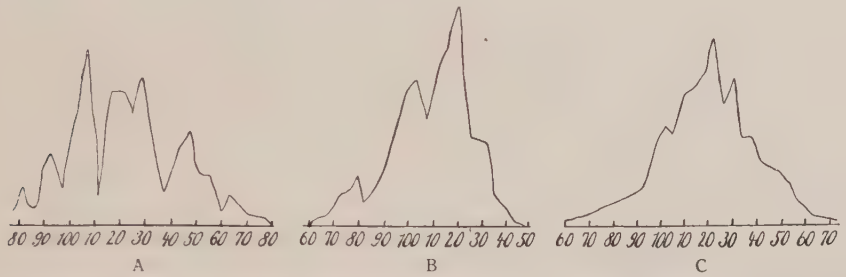


Fig. 163. Streuungskurven der Reaktionen eines vorwiegend sensoriell reagierenden Beobachters (II): A natürliche Reaktion (150 Versuche), B Einübung auf muskuläre (374 Versuche), C auf sensorielle Reaktion (1138 Versuche). (Aus: Wundt, Grundzüge der physiol. Psychologie. Bd. III, 421. W. Engelmann, Leipzig.)

Die muskuläre Reaktion muß dabei als eine abgekürzte Form des Willensvorgangs, als eine Mechanisierung desselben angesehen werden, wobei gewisse Teile, z. B. das Eintreten der Empfindung in den Blickpunkt des Bewußtseins, ganz ausfallen oder erst nachfolgen, wenn die Bewegung schon ausgeführt ist.

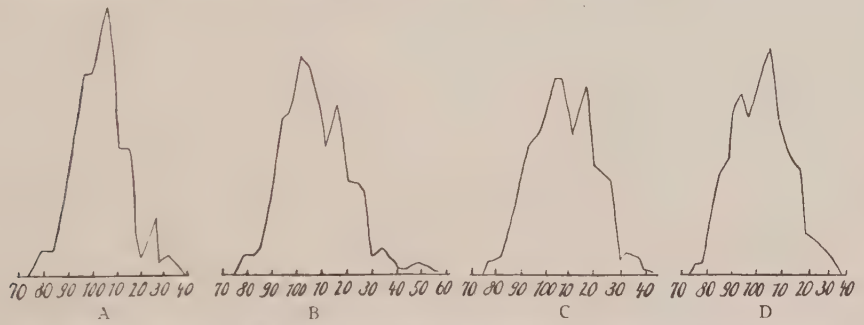


Fig. 164. Übungsverlauf beim Übergang von wesentlich muskulärer zu sensorieller Reaktion (Beobachter I), 590 Versuche in 10 Gruppen: A 1—3, B 1—5, C 1—6, D 1—8. (Aus: Wundt, Grundzüge der physiol. Psychologie. Bd. III, 423. W. Engelmann, Leipzig.)

Damit hängt es zusammen, daß häufige „Fehlreaktionen" auftreten. Die Versuchsperson reagiert auch gelegentlich auf einen ganz andern Reiz, etwa auf eine leise Erschütterung des Tisches u. s. f. Auch Vorreaktionen werden bei manchen Personen beobachtet: Sie reagieren schon, ehe der Reiz eintritt. Hier genügt schon das Vorsignal in Verbindung mit dem Ablauf einer gewissen Zeit, um die Bewegung auszulösen.

Da beim Zustandekommen der muskulären Reaktion weniger Faktoren beteiligt sind als bei den andern Formen (da ja gewisse psychologische Prozesse ausfallen), so ist auch die Streuung, die mittlere Variation, geringer; die Zeiten sind alle ziemlich gleich und weichen nur wenig voneinander ab.

Die sensorielle Reaktion aber bedeutet den vollständigen Willensvorgang, bei dem namentlich die psychologische Seite, die Perzeption (der Eintritt der Empfindung ins Blickfeld) und die Apperzeption (der Eintritt in den Blickpunkt des Bewußtseins), voll ausgebildet ist.

Entsprechend der größeren Anzahl von einwirkenden Ursachen zeigt die sensorielle Reaktion eine größere Streuung.

Sehr bemerkenswert ist, daß bei den Versuchen zur Einübung auf die verschiedenen Reaktionsformen die sensorielle, also die vollständige Reaktion, viel schwerer zu erreichen ist als die muskuläre. In Fällen, wo die Versuchsperson z. B. vorher auf die muskuläre Reaktion eingeübt war, war es meist unmöglich, zur sensoriellen zurückzukehren. Ein vollständiger Willensvorgang war gar nicht mehr zu erzielen, die Versuchsperson behalf sich mit Rudimenten desselben.

Wenn man unsrer Erklärung zustimmt, daß die Pädagogik es mit der Erforschung der Methoden zu tun hat, die bei einer planmäßigen Beeinflussung der Entwicklung eines Menschen angewendet werden müssen (vgl. Seite 5), so wird man auch zugeben, daß die soeben beschriebenen Versuche der Wundtschen Schule alle Bedingungen eines pädagogischen Experiments erfüllen.

Sie sind geradezu ein Schulbeispiel für das Wesen des pädagogischen Experiments. Sie zeigen, wie man zunächst durch eingehende Analyse zu den einfachsten Vorgängen vorzudringen sucht (einfache Reaktion) und wie man dann, von dem natürlichen Verlauf des untersuchten Vorgangs ausgehend (natürliche Reaktion), zunächst seine natürliche Entwicklung beobachtet (Veränderung der Reaktionsform im Verlauf von vielen Versuchen, ohne bestimmte Vorschrift) und darauf durch Einführen einer Vorschrift (Achte auf den Reiz! achte auf die Bewegung!) die Veränderungen der Entwicklung (Überführung in die muskuläre oder sensorielle Reaktionsform) feststellt, wobei man zugleich Kriterien gewinnt zur Beurteilung des Wertes der angewendeten Erziehungsmittel. (Ausbildung zur muskulären Reaktion macht eine Rückkehr zur sensoriellen Reaktion unmöglich, der umgekehrte Weg aber — zuerst Einübung der sensoriellen, dann Übergang zur muskulären Form — ist möglich.)

Eine wichtige pädagogische Frage ist bei diesen Versuchen noch offen geblieben. Es bleibt zu untersuchen übrig, ob ein Beobachter, der lange Zeit sensoriell eingeübt worden ist, nachher, wenn man den Willensvorgang mechanisiert (muskuläre Reaktion), etwa weniger Fehlreaktionen und Vorreaktionen aufweist als ein anderer, bei dem man ohne Ausbildung der sensoriellen Reaktion sofort mit der Einübung der muskulären Form begonnen hat.

Hier schließen sich unmittelbar Fragen der pädagogischen Praxis an. Ohne Zweifel müssen gewisse Willensvorgänge abgekürzt, mechanisiert werden, um das Zentralnervensystem zu entlasten, damit es für andere, höhere Funktionen frei ist (man denke an die mechanische Fertigkeit und an „die Seele" des Klavierspiels usw.). Wichtig ist aber die Frage, auf welcher Stufe der Entwicklung

diese Mechanisierung einzutreten hat. Bei vorzeitiger Mechanisierung ist das Auftreten der muskulären Reaktion in ihrer ausgeprägtesten Form, mit Vor- und Fehlreaktionen zu erwarten.

Die Untersuchung der Willensvorgänge bei Schulkindern hat nach dem Vorangehenden beispielsweise folgende Fragen zu erörtern:

1. Welche Reaktionsform zeigen Kinder? (Natürliche Reaktion mit zwei Gipfeln der Häufigkeitskurve?)
2. Wie verändert sich die Reaktionsform der Kinder (besonders auch bei einzelnen Individuen) mit fortschreitendem Alter?
3. Welche natürliche Veränderungen zeigen die Kinder beim Ausführen vieler Willenshandlungen ohne bestimmte Vorschrift?
4. Welche Form der Reaktion (muskuläre oder sensorielle) ist bei Kindern durch bestimmte Vorschriften leichter zu erreichen?
5. Welche Unterschiede ergeben sich bezüglich der Fehlreaktionen, wenn das Kind sofort auf muskuläre Reaktion eingeübt wird und wenn vorher eine Einübung auf die sensorielle Form erfolgte?
6. Welchen Einfluß haben Alter und besondere Einübung auf die Streuung der Fehler?

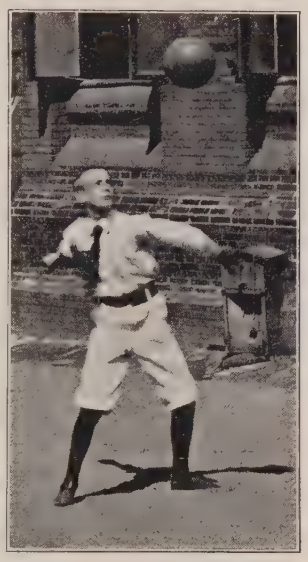


Fig. 165. Willensbildung beim Turnspiel. (Aus Schnell, Dr., Die Übungen des Laufens, Springens, Werfens im Schulturnen. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1898.)

Zum Schlusse noch eins: Durch welche Mittel haben die Psychologen eine Abänderung des Willensvorganges versucht und erreicht? Durch nichts anderes als durch häufige Ausführung von Willensvorgängen (unter besonderen Vorschriften). Auch das kann die Pädagogik beherzigen. Es sind sich noch keineswegs alle Pädagogen über diesen wichtigen Satz klar: Wenn überhaupt mit den Mitteln der Pädagogik eine Schulung, Kräftigung, Veränderung der Willensvorgänge zu erreichen ist, so kann das nur dadurch geschehen, daß man dem Zögling in planvoller Weise Gelegenheit zu häufiger Ausführung von Willenshandlungen gibt.

Nicht durch Reden, durch Belehrungen und Vorschriften wird der Wille gestählt, sondern durch Handlungen!

Man erinnert sich hier unwillkürlich an Kleists Epigramm („Die unverhoffte Wirkung"):

Wenn du die Kinder ermahnst, so meinst du, dein Amt sei erfüllet.
Weißt du, was sie dadurch lernen? — Ermahnen, mein Freund.

Ich füge an den Schluß des Kapitels eine Abbildung (Fig. 165), die scheinbar mit diesen psychologischen Erörterungen wenig zu tun hat. Der Junge, der hundertmal alle Muskeln seines Körpers zu einer in der Entwicklung des Spiels wichtigen Handlung in solcher Weise zur kräftigsten Ausführung der notwendigen Bewegung bereit hält, gewinnt mehr für die Stählung seines Willens, als wenn er die schönsten Reden und Ermahnungen über sich ergehen läßt*).

*) Die ethische Seite der Willensbildung ist hier selbstverständlich auszuscheiden; was in diesem Kapitel vorgebracht worden ist, fällt lediglich unter den Begriff der Schulung, der Stählung, also der formalen Seite des Willensvorgangs.

F. Bewußtsein und Aufmerksamkeit.

I. Mimik der Aufmerksamkeit.

1. Photographische Methode.

Jede pädagogische Beeinflussung beginnt mit dem Aufstellen einer „Aufgabe". Allerdings müssen wir dabei den Begriff der Aufgabe genügend weit fassen. Kommt z. B. zu den Kleinsten der Lehrer*) — ohne ein Wort zu sagen — mit einer Tüte Nüsse ins Zimmer, regt sich dann die kleine Schar: „Was ist denn da drin?" und: „Ah, der Haufen Nüsse! die kriegen wir" und so fort: so war eben das Bringen der Nüsse selbst die „Aufgabe", sofern dieser Vorgang in Verfolgung eines bestimmten Zieles für die Entwicklung der Kinder ausgewählt war. Die Aufstellung der Aufgabe besteht mindestens in der Erzeugung einer Gesamtvorstellung, die stets aus einer großen Anzahl von Elementen sich zusammensetzt. Vom Zögling wird dabei gefordert, daß er diese Elemente gleichzeitig (simultan) erfasse und daß er die betreffende Vorstellung von der Fülle der andern ihn umgebenden Eindrücke (innere Organempfindungen, kleine Geräusche, Straßenlärm u. s. f.) absondere; denn nur dadurch können sie die „Klarheit" gewinnen, die für die weitere pädagogische Verwertung zu fordern ist. Man be-

Fig. 166. Optische Aufmerksamkeit. Kopf und Hände erhoben.

*) Vgl. Neue Bahnen, Dezember 1905. Die Walnuß.

zeichnet diesen Vorgang des Heraushebens einzelner Elemente unsers Bewußtseins, die dadurch klarer werden, als den Aufmerksamkeitsvorgang.

Es ist darum für die Pädagogik von größter Wichtigkeit, die Aufmerksamkeit zu beschreiben, ferner zu messen, wieviel einzelne Inhalte die Aufmerksamkeit (des Erwachsenen und des Kindes) gleichzeitig zur Klarheit zu erheben vermag (Aufmerksamkeitsumfang) und endlich, wieviel Inhalte überhaupt (klare und weniger klare) das Bewußtsein in einem Augenblick zu umfassen vermag (Bewußtseinsumfang).

Wie groß die Bedeutung des Aufmerksamkeitsvorgangs für die Entwicklung des Kindes ist, läßt sich schon aus den körperlichen Begleiterscheinungen desselben

Fig. 167. 18 Monate altes Kind, aufgenommen in dem Augenblick, als es einer fliegenden Schwalbe nachschaute. Optische Aufmerksamkeit. (F. di Sambuy, Turin, Phot.)

Fig. 168. Dasselbe Kind einige Momente später. Die optische Aufmerksamkeit ist viel intensiver. (F. di Sambuy, Turin, Phot.)

(Aus Sante de Sanctis, Die Mimik des Denkens. Marhold, Halle a. S. 1906.)

erkennen, die sich bei kleinen Kindern über die Muskulatur fast des ganzen Körpers erstrecken*). Niemand ist im Zweifel, daß sich die Kinder in Figur 166 bis 168 im Zustande der Aufmerksamkeit befinden. Die Figuren 167 und 168 zeigen, wie die Aufmerksamkeit zunächst (Fig. 167) in einer Einstellung des betreffenden Sinnesorgans sich äußert (die feineren Veränderungen, die Akkommodation des Linsenapparates an die Entfernung, die Adaptation der Blendenvorrichtung des Auges

*) Außer den äußerlich sichtbaren Symptomen treten Veränderungen in der Atem- und Blutbewegung ein. Die Methoden zur Untersuchung derselben sind schon beschrieben worden.

Fig. 169. Blinde Kinder lauschend: Akustische Aufmerksamkeit.

an die Helligkeit des Eindrucks kommen natürlich in der Photographie nicht zum Ausdruck) und wie bei gesteigerter Aufmerksamkeit (Fig. 168) die motorische Erregung auf den ganzen Körper in der Weise übergreift, daß alle Muskeln (hier besonders die der linken Körperhälfte, von wo der Reiz einwirkt) die Tendenz haben, den Körper und besonders das Sinnesorgan dem Reiz zuzuwenden*).

*) Die Verschiedenheit der „akustischen" und „optischen" Aufmerksamkeit in den Abbildungen 169 und 170 ist augenfällig.

Fig. 170. Taubstummer Knabe, vom Munde seines Lehrers ablesend: Optische Aufmerksamkeit.

Schwachsinnige Kinder (Fig. 171 u. 172) verraten sich sofort durch den anormalen Ausdruck des Aufmerksamkeitszustandes oder durch das gänzliche Fehlen der Ausdruckssymptome.

Im späteren Alter beschränkt sich die Aufmerksamkeitsmimik hauptsächlich auf Veränderungen der Stirnmuskulatur.

In den ersten Schuljahren (vgl. Abb. 173 u. 174) ist aber der Ausdruck der Aufmerksamkeit meist noch ein recht lebhafter*), und es wäre darum eine dankenswerte Aufgabe, die körperlichen Ausdruckssymptome von Schulkindern (durch alle Schuljahre hindurch) mit der photographischen Methode zu untersuchen.

Auf der Oberstufe könnte man die Untersuchung der Stirnmuskulatur bevorzugen. Hier bietet sich das von Prof. Sante de Sanctis beschriebene Verfahren**): „Man befeuchtet den aufzunehmenden Teil (der Stirn) mit einer wässerigen Lösung von unterschwefligsaurem Natron und Alaun in dem Verhältnis wie bei einem gewöhnlichen photographischen Fixierbad. Hierauf legt man auf diese befeuchtete Stelle wenige Sekunden lang Kopierpapier, welches nun dem Licht ausgesetzt wird und dann die Photographie der Hautpartie, auf welche es gelegt war, enthält. Ein einfaches Fixierbad macht die Photographie dauer-

Fig. 171 u. 172. Schwachsinniger. Links in indifferentem Zustand; rechts in optischer Aufmerksamkeit. Hier ist die Mimik deutlich schmerzlich, als wollte sich der Knabe gegen zu grelles Licht schützen. (Aus Sante de Sanctis, Mimik des Denkens. Marhold, Halle a. S. 1906.)

haft." Beim Auflegen des Papiers muß sich das Kind in dem zu untersuchenden Zustand der Aufmerksamkeit befinden. Figur 175 gibt einen solchen Abdruck der Stirnmuskulatur wieder.

Ein ähnliches Verfahren stammt von Prof. Sommer. Er nimmt ein Stück berußtes Papier und drückt es rasch auf die Stirn auf. Dann wird der Rußabdruck durch Eintauchen in eine Schellacklösung fixiert.

*) Bei unsern Achtjährigen (in Fig. 173) strahlt die eigentlich auf die Stirnmuskulatur beschränkte Aufmerksamkeitsmimik selbst bei diffusem Denken auf ganz entfernte Muskelgruppen über. Wo aber gar eine scharf bestimmte Aufgabenstellung — wie im Rechnen — vorliegt, da ist es, als ob ein Sturmwind über die kleinen Geister hinwegbrauste, der an allen Zweigen rüttelt (Fig. 174): der stark gefühlsbetonte Aufmerksamkeitszustand fährt in alle Glieder.

**) Sante de Sanctis, Mimik des Denkens. Marhold, Halle a. S. 1906.

Fig. 173. Irradiation der Aufmerksamkeitsmimik achtjähriger Kinder bei diffusem Denken.
(„Überlegt einmal, welchen Weg wir auf unserm letzten Spaziergang gegangen sind!“)

Fig. 174. Stark emotionelle Mimik achtjähriger Kinder bei konzentrierter Aufmerksamkeit. (Schwere Rechenaufgabe.)

2. Graphische Methode.

Die photographische Methode registriert immer nur einen Moment des Aufmerksamkeitszustandes. Wo es uns darauf ankommt, den ganzen Verlauf desselben kennen zu lernen, müssen wir zu andern Methoden greifen. Die kinematographische Aufnahme ist der Kosten wegen und auch aus anderen Gründen nicht zu empfehlen, und wir benutzen besser die von Prof. Sommer herrührende Methode, die im folgenden beschrieben werden soll.

a) Untersuchung zweidimensionaler Bewegungen.

Man kann sich aus der Stirnmuskulatur eine bestimmte Stelle aussuchen, die bei der Aufmerksamkeitsmimik besonders in Betracht kommt. Man be-

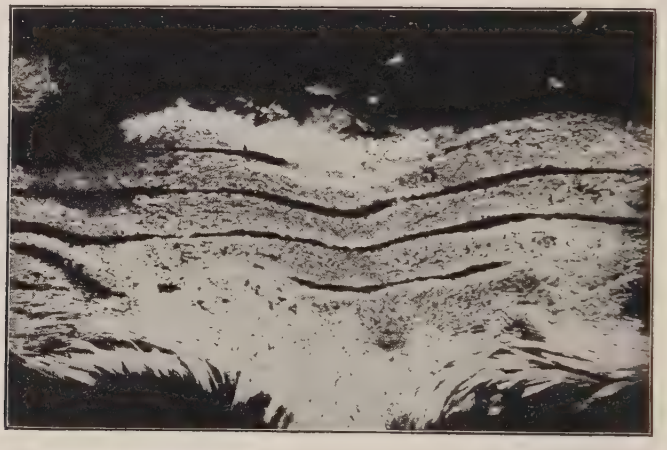


Fig. 175. (Photographischer Abdruck.) Kontraktion des Musculus frontalis auf Geheiß, zwei vollständige und einige unvollständige Horizontalfalten.
(Aus Sante de Sanctis, Die Mimik des Denkens. Marhold, Halle a. S. 1906.)

festigt zunächst den ganzen Sommerschen Apparat durch das Band B in Figur 176 (vgl. auch Fig. 177) am Kopfe und setzt dann das kleine Saughütchen G auf die zu untersuchende Hautstelle. Das Saughütchen macht alle Bewegungen der Stirn mit. Es überträgt die Bewegungen auf die Scheibe P. Diese Scheibe drückt nun gegen zwei flache Blechdosen T_1 und T_2, die nach Art des Mareyschen Tambours mit einer dünnen Gummihaut überzogen sind (vgl. Seite 97). Bewegt sich die Scheibe P nach aufwärts, so drückt sie die Gummimembran ins Innere der Dose T_1, wodurch eine Luftverdichtung entsteht. Diese pflanzt sich durch den Gummischlauch (Fig. 177) bis zu einem Stativ fort und führt dort zu

einem gewöhnlichen Mareyschen Tambour, dessen Schreiber, dem Hinein- und Herausgehen der Scheibe P in die Gummimembran T_1 folgend, sich auf- und abwärts bewegt, wenn die Stelle der Stirnhaut *senkrechte* Bewegungen ausführt. Die *wagerechten* Bewegungen der betreffenden Stelle werden in ähnlicher Weise durch die Kapsel T_2 (Fig. 176) in Verbindung mit einem zweiten Mareyschen Tambour am Stativ (Fig. 177) aufgezeichnet. Beide Schreiber läßt man an einem Kymographion schreiben und erhält so die senkrechte und wagrechte Veränderung der betreffenden Stelle der Stirnhaut während eines ganzen Aufmerksamkeits*verlaufs*.

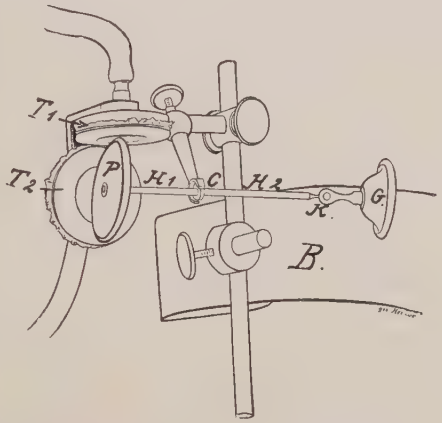


Fig. 176. Sommers Apparat zur Analyse zweidimensionaler Bewegungen. (Stirnmuskulatur.)

b) Untersuchung dreidimensionaler Bewegungen.

Bei den Bewegungen der Stirn genügt die Aufzeichnung zweier Dimensionen, weil die geringen Veränderungen nach der dritten Dimension, nach vor- und rückwärts, vernachlässigt werden können.

Will man aber die kleinen Bewegungen studieren, die etwa in der Muskulatur der Finger bei Aufmerksamkeitszuständen entstehen, so ist es notwendig, alle drei Dimensionen aufzuschreiben. Auch dazu hat Prof. Sommer einen Apparat (Fig. 178 u. 179) angegeben. Mit dem in den Apparat eingelegten Finger stehen drei Schreiber derart in Verbindung, daß der eine die seitlichen Bewegungen des Fingers, der zweite die auf- und abwärtsgehenden, der dritte die Bewegungen nach vor- und rückwärts aufzeichnet.

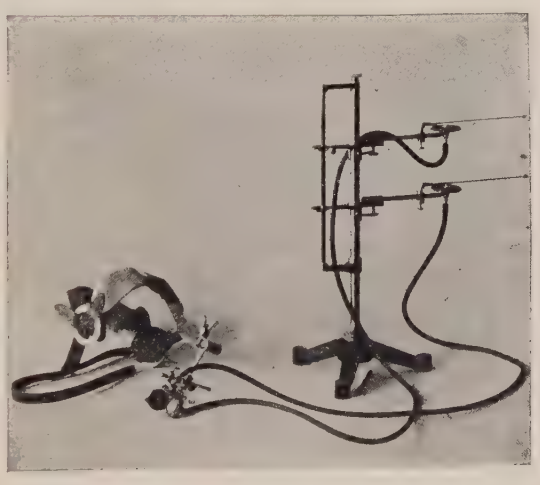


Fig. 177. Sommers Apparat zur Analyse der Bewegungen der Stirnmuskulatur.

Die Untersuchung der Aufmerksamkeitszustände nach dieser Methode würde

bei Kindern von sechs und mehr Jahren sicher ganz gewaltige Ausschläge geben, doch ist die Versuchstechnik einigermaßen kompliziert*).

Die Kurve, Figur 180, zeigt die große Empfindlichkeit der Methode. Die Kurve ist auf folgende Weise zustande gekommen. Die Versuchsperson bekam eine Anzahl Ziffern (1, 6 usw.) zur Wahl vorgelegt, um sich eine davon zu merken. Sie merkte sich die Eins. Nun wurden ihr in bunter Folge verschiedene Ziffern gezeigt. Sobald die Eins auftauchte, bewegte die Versuchsperson unwillkürlich den Finger. Die oberste Kurve markiert nur die Zeit des Vorzeigens der Eins (eine kleine Hebung in der Mitte der Kurve), die andern drei Kurven aber zeigen im Augenblick beträchtliche Änderungen: die zweite Kurve zeigt deutliche Bewegungen des Fingers nach vor- und rückwärts, die dritte solche nach rechts und links und die vierte sehr lebhafte Bewegungen nach oben und unten, so starke, daß für einen Augenblick der Schreiber vom Kymographion wegsprang.

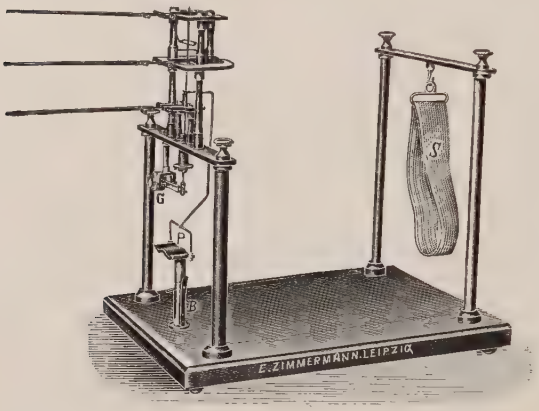


Fig. 178. Sommers Apparat zur Analyse dreidimensionaler Bewegungen.

II. Umfang der Aufmerksamkeit.

1. Aufmerksamkeitsumfang bei räumlichen Vorstellungen.

Als Maß der Aufmerksamkeit können wir die Anzahl von Elementen betrachten, die gleichzeitig (simultan) zur völligen Klarheit gebracht werden können. Da nun bei der Darbietung einer komplizierteren Gesamtvorstellung (etwa eines Landschaftsbildes) unsere Aufmerksamkeit gewöhnlich rasch von einem Element zum andern eilt (sukzessive Auffassung), so müssen wir eine Methode finden, die eine solche sukzessive Auf-

*) Die bei Kindern vorhandenen starken Ausdrucksbewegungen der Aufmerksamkeit künstlich einzudämmen, kann nicht als Aufgabe der Pädagogik angesehen werden. Solange diese Ausdrucksbewegungen so stark und individuell so verschieden sind, daß eine gemeinsame Beschäftigung der Kinder in der Schule unfruchtbar erscheinen muß, gehören die Kinder noch nicht in die Schule. Zur Zeit des Überganges in die ruhigeren Formen ist es die Aufgabe der Pädagogik, die Unterrichtsmethode den vorherrschenden Aufmerksamkeitszuständen anzupassen, nicht aber die Ausdruckssymptome zu beschränken. Eher kann im umgekehrten Falle, bei großer Stumpfheit einzelner Kinder (namentlich bei Schwachsinnigen) eine Unterstützung des Aufmerksamkeitszustandes durch Pflege des mimischen Apparats versucht werden. Sante de Sanctis beschreibt einen solchen Fall, wo er gute Erfolge erzielte. (Sante de Sanctis, a. a. O., Seite 168.)

fassung ausschließt. Wir erreichen das dadurch, daß wir ein Gesichtsobjekt (etwa ein Bild) nur ganz kurze Zeit (etwa $^1/_{100}$ Sekunde) darbieten.

Der hierzu gebrauchte Apparat ist das Tachistoskop (Kurzseher). Es besteht im wesentlichen aus einem fallenden Spalt, der vor dem Gesichtsobjekt vorbeigleitet und es nur ganz kurze Zeit dem Auge freilegt (Fig. 181). Vor dem Fallen steht der verdeckende Schirm so, daß ein weißer Punkt genau in der Mitte des dahinter befindlichen Gesichtsobjektes zu sehen ist, der fixiert wird.

Als einzelne Teile des Gesichtsobjektes hat man natürlich möglichst einfache räumliche Formen, also etwa Linien, Dreiecke, Quadrate usw. (Fig. 182) zu wählen.

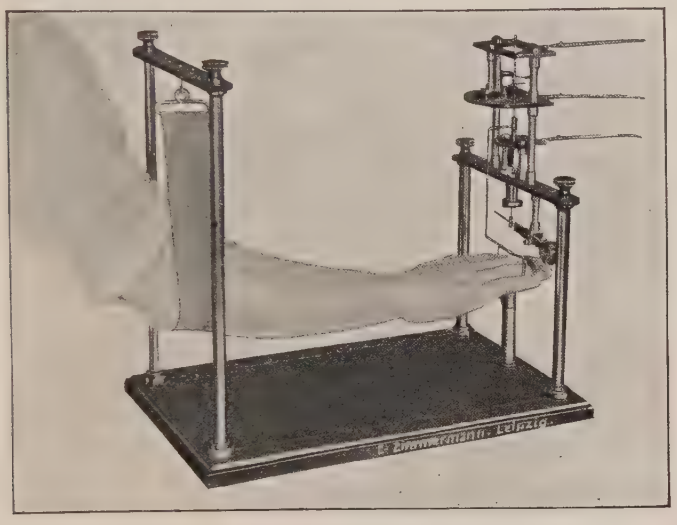


Fig. 179. Sommers Apparat zur Analyse dreidimensionaler Bewegungen.

Bei Erwachsenen hat sich gezeigt, daß bei diesen Versuchen nur bis zu sechs einzelne Elemente aufgefaßt werden können, so daß man dieselben nachzeichnen oder genau beschreiben kann. Die Aufmerksamkeit umfaßt also simultan höchstens sechs Elemente.

Buchstaben, die doch ziemlich zusammengesetzte Gebilde sind, haben bei Erwachsenen wie Elemente zu gelten, so daß also auch die Zahl der mit einem Male zu erfassenden Buchstaben bis auf sechs ansteigt. Doch liegt der Fall keineswegs so, daß wir die vielen einzelnen Linien, aus denen die sechs Buchstaben bestehen (vielleicht zwanzig und mehr Linien), wirklich genau erfassen, vielmehr spielt hier der Prozeß der Assimilation herein, von dem noch näher zu reden sein wird*).

*) Bildet man aus den Buchstaben sinnlose Silben, so kann man tachistoskopisch bis zu 10 Buchstaben lesen, und fügt man einen Satz zusammen, so sind oft 4—5 Wörter mit etwa 20—30 Buchstaben noch mit einem Schlage aufzufassen.

Bei der Prüfung des Aufmerksamkeitsumfangs der Kinder werden wir unser Augenmerk besonders auf zwei Dinge zu richten haben: erstens auf die Anzahl der Elemente (Linien), die simultan aufzufassen sind (eigentlicher Aufmerksamkeitsumfang), und zweitens darauf, in welchem Maße beim Gebrauch „höherer" Einheiten, also etwa von Buchstaben, Wörtern, Sätzen, der Aufmerksamkeitsumfang sich verändert. In dem Maße, als bei den höheren Einheiten der Erwachsene dem Kinde voraus ist, verrät sich die einheitsbildende Kraft seiner Apperzeption, die für die Ökonomie des Denkens von größter Bedeutung ist.

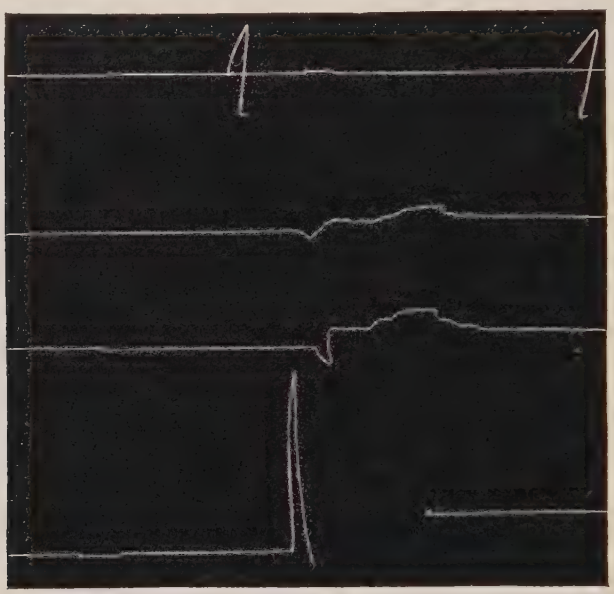


Fig. 180. Kurve von Sommers Apparat zur Analyse dreidimensionaler Bewegungen.
1. Kurve: Zeitsignal; 2. Kurve: Stoßbewegungen des Fingers; 3. Kurve: Seitliche Schwankungen des Fingers; 4. Kurve: Druckbewegungen des Fingers. (Aus Sommer, Dreidimensionale Analyse von Ausdrucksbewegungen. Zeitschr. f. Psychologie XVI, Seite 288, Fig. 5 b. A. Barth, Leipzig.)

2. Aufmerksamkeitsumfang bei zeitlichen Vorstellungen.

Folgen einfache Bewußtseinsinhalte, also etwa Taktschläge (Schläge eines Metronoms) genügend schnell aufeinander, so ist die Aufmerksamkeit imstande, auch diese sukzessiv gegebenen Inhalte mit einem Schlage aufzufassen, wenn ihrer nicht zu viele sind.

Lasse ich z. B. ein Metronom viermal schlagen und dann nach kurzer Pause fünfmal, so merke ich ohne weiteres, daß die zweite Reihe mehr Inhalte hatte als die erste. Und zwar ist auch hier die Schätzung nur bis zu sechs Bewußtseinsinhalten richtig.

Bei diesen Versuchen ist zweierlei unbedingtes Erfordernis. Erstens darf keiner der Taktschläge, weder objektiv noch subjektiv, verstärkt werden, weil sonst aus der Folge von einfachen Bewußtseinselementen eine gegliederte Gesamtvorstellung (eine bestimmte Taktart) entsteht, der gegenüber sich die Aufmerksamkeit ganz anders verhält als gegen gesonderte Elemente. Zweitens darf bei diesen Versuchen selbstverständlich nicht die Zahl der Schläge gezählt werden. Beide Forderungen sind nicht von allen Erwachsenen zu erfüllen. Schon das Unterdrücken

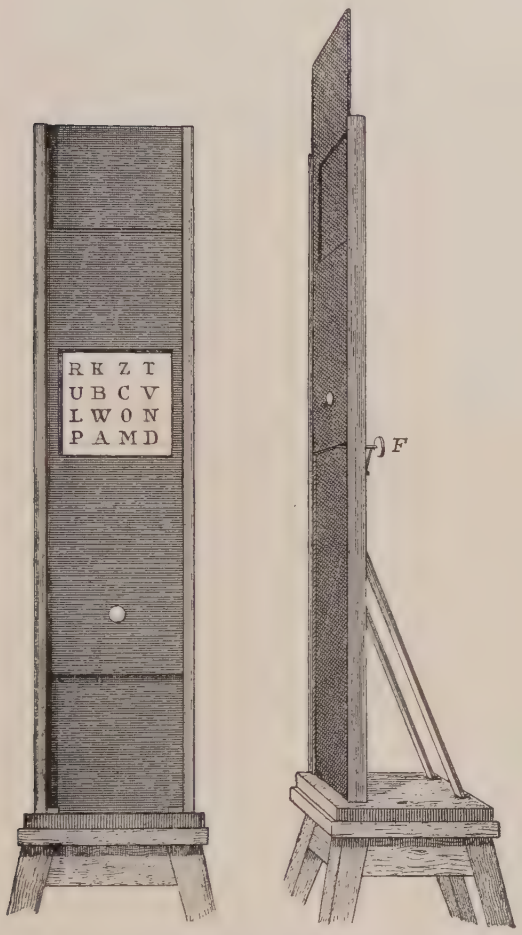


Fig. 181. Demonstrations-Tachistoskop nach Wundt.
(Physiologische Psychologie, Bd. III, 334.
W. Engelmann, Leipzig.)

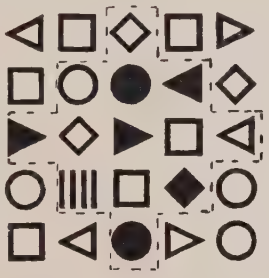


Fig. 182. Gesichtsobjekt für Bestimmungen des Bewußtseinsumfangs.
(Aus Wundt, Grundzüge der physiolog. Psychologie III, S. 359.
W. Engelmann, Leipzig 1903.)

des Zählens ist nicht so einfach. Vielen gelingt es aber durchaus nicht, eine subjektive Betonung einzelner Taktschläge ($^2/_4$ Takt, $^4/_4$ Takt usw.) zu vermeiden. Die Neigung ist so stark, daß man bei einem ganz gleichmäßig laufenden Metronom fast stets finden wird, der eine Schlag sei stärker als der andere.

Mit Kindern kann man wegen dieser Schwierigkeiten die beschriebenen Versuche nicht ausführen. Für Bestimmungen des Aufmerksamkeitsumfangs ist also nur die tachistoskopische Methode anzuwenden. Man verwende aber nur ein solches Tachistoskop, bei dem man die Dauer der Darbietung genau messen kann.

III. Umfang des Bewußtseins.

1. Bewußtseinsumfang bei räumlichen Vorstellungen.

Wenn man im Tachistoskop ein sehr zusammengesetztes Objekt (Fig. 182) exponiert, so erfaßt man infolge der Begrenztheit des Aufmerksamkeitsumfangs zunächst nur eine geringe Anzahl von Elementen. Man kann nun den Versuch so oft mit demselben Objekt wiederholen, bis nach und nach alle Teile erkannt und aufgefaßt werden. Jetzt verändert man ohne Vorwissen der Versuchsperson eins der Elemente (indem man etwa für eins der Quadrate einen Kreis einsetzt) und exponiert von neuem. Dabei tritt nun oft der Fall ein, daß die Versuchsperson angibt, es sei irgend etwas anders, aber was, das könne sie nicht sagen. Diese Aussage tritt jedoch nur dann ein, wenn man über eine gewisse Zahl von Elementen (in unserm Falle etwa die 13, die durch die punktierte Linie zusammengefaßt werden) nicht hinausgeht. Bei einer wesentlich größeren Zahl von Elementen werden Veränderungen am einzelnen Element überhaupt nicht mehr bemerkt. Auch bei dieser Bestimmungsart gelangen wir also zu einer Grenzzahl, zu einem Umfang unsrer Auffassung. Aber diesmal ist es nicht der Umfang der Aufmerksamkeit, was wir gemessen haben, sondern der Umfang des Bewußtseins. Denn es handelt sich nicht um klar aufgefaßte (apperzipierte), sondern nur um weniger klar erkannte (perzipierte) Inhalte, wußten wir doch nur anzugeben, daß sich „irgend etwas" verändert habe*).

Bestimmungen des Bewußtseinsumfangs der Kinder werden ihre größte Bedeutung erhalten, wenn sie gleichzeitig mit Bestimmungen des Aufmerksamkeitsumfangs ausgeführt werden. Wir werden dann ein bestimmtes Verhältnis des Aufmerksamkeitsumfangs zum Bewußtseinsumfang erhalten, in unserm Falle (bei Erwachsenen) $^6/_{13}$. Die Größe dieses Bruches wird uns noch mehr sagen als die absoluten Zahlen 6 und 13. Es wird uns zeigen, ob die Kinder mehr dahin neigen, eine große Anzahl von Eindrücken unklar und eine geringe Zahl davon klar aufzufassen, oder ob sie nur wenig Eindrücke, aber davon eine verhältnismäßig große Zahl klar zu erfassen vermögen.

Auch die pädagogische Einwirkung (die Erziehung zur Aufmerksamkeit) wird ihre Erfolge am besten mit dieser Methode (Vergleichung von Aufmerksamkeitsumfang und Bewußtseinsumfang) prüfen.

Man kann z. B. untersuchen, wie sich das Kind verhält bei Lenkung der Aufmerksamkeit. Man stellt zunächst die Aufgabe, das ganze Gesichtsfeld gleichmäßig zu beachten (schweifende Aufmerksamkeit), und ändert dabei einzelne Elemente. Dann sagt man: Jetzt beachte die rechte obere Ecke! (fixierende Aufmerksamkeit). Man ändert nun wieder, aber nicht in dieser Ecke, sondern

*) Die beschriebenen Versuche sind von Prof. Wirth im Wundtschen Laboratorium ausgeführt worden. Prof. Wirth hat dazu auch besonders sinnreich konstruierte Apparate (Spiegeltachistoskop) erfunden (vgl. Wirth, Wilh., Die experimentelle Analyse der Bewußtseinsphänomene. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1908. S. 60 ff.).

anderswo*). Nun ist zu prüfen, ob bei schweifender oder fixierender Aufmerksamkeit die Veränderungen besser bemerkt werden, ob also im einen oder andern Falle der Bewußtseinsumfang größer ist.

Ein ähnliches pädagogisches Problem liegt vor, wenn man die Frage aufwirft, ob es — etwa bei Behandlung eines Gegenstandes der Naturgeschichte — richtiger ist, die Aufmerksamkeit des Kindes auf alle Teile des Objektes mit möglichst gleichmäßiger Intensität zu lenken, oder ob die Behandlung „nach Gesichtspunkten" (die Katze als Raubtier) mehr Erfolge verspricht.

2. Bewußtseinsumfang bei zeitlichen Vorstellungen.

Zur Untersuchung des Bewußtseinsumfangs für eine gegliederte Gesamtvorstellung verwendet man ein Metronom, bei dem man durch geeignete Vorrichtungen jeden zweiten, dritten oder vierten Taktschlag durch ein Glockensignal verstärken kann.

Doch sollen diese Versuche nicht näher beschrieben werden, weil sie sich aus den schon Seite 159 angegebenen Schwierigkeiten für Kinder nicht empfehlen.

*) Bei den Versuchen ist übrigens die Blickrichtung stets dieselbe. Durch den immer in der Mitte bleibenden Fixierpunkt wird die Sehachse stets auf die Mitte gerichtet bleiben, nur die Aufmerksamkeit wird auf verschiedene Punkte gelenkt.

G. Assimilationen.

I. Assimilation durch einzelne Vorstellungen und Vorstellungsgruppen.

1. Wesen und Bedeutung der Assimilation.

Die Kinderszene in Abbildung 183 ist vom Künstler überzeugend wiedergegeben. Wir sehen deutlich, wie das kleine Mädchen, die zweite Person von links, sich rückwärts zu dem Kinde wendet, das es an der Hand führt, wir sehen, wie der eines Hauptes längere Bruder stolz nach oben, nach seiner Laterne blickt. Alles das glauben wir zu „sehen". Decken wir jetzt einmal alles ab bis auf die Köpfe dieser drei Personen! Da sind nur ein paar unverständliche Linien übrig geblieben. Betrachten wir das, was von dem Kleinsten links übrig bleibt, wenn wir den Kopf abdecken: Wieder ein paar unverständliche Lichtflecke. Zusammengenommen aber ist's eine Figur! Oder decken wir dem Knaben seine Laterne ab: Wir sehen jetzt nicht mehr, daß er nach oben blickt.

Das Rätsel löst sich höchst einfach. Die vom Künstler gezeichneten Lichtflecke sind so gewählt, daß sich zu den Empfindungen, die beim Betrachten derselben entstehen, früher erworbene Vorstellungen assoziieren, mit Hilfe deren dann der Eindruck „gedeutet", „aufgefaßt", „verstanden" wird. Diesen Vorgang bezeichnet man als „Assimilation". Solange sich zu den einwirkenden Empfindungen keine Vorstellungen aus der Erinnerung hinzugesellen, bleibt uns der neue Eindruck „unverständlich", wir „wissen nichts mit ihm zu machen".

Genau so verhält es sich nun auch, wenn ein Bild der Wirklichkeit an uns herantritt, wenn wir etwa den Kinderzug selbst sehen. Es ist uns gar nicht möglich, die unendliche Fülle von Einzelempfindungen und Gefühlen, die dabei auftreten, wirklich alle aufzufassen. Nur einige wenige Züge werden durch die Funktion der Aufmerksamkeit herausgegriffen, es assoziieren sich mit diesen wenigen Zügen Vorstellungen, die uns geläufig sind (Kinder, Lampions, Licht- und Schattenverhältnisse usw.), und mit Hilfe dieser „assimilierenden" Vorstellungen beschließen wir nun den Akt der „Auffassung", indem wir uns nicht mehr die Mühe nehmen, alle Einzelheiten des Bildes wirklich zu durchlaufen, sondern alles Fehlende aus den früher erworbenen Vorstellungen ergänzen. Dadurch wird der Prozeß der „Auffassung" außerordentlich abgekürzt; denn mit Erinnerungsvorstellungen läßt sich natürlich sehr viel rascher hantieren, als wenn man mit Hilfe einer eingehenden wirklichen Analyse der auftretenden Gesamtvorstellung die Auffassung

vollziehen muß. Nur mit Hilfe des Assimilationsvorganges ist es uns möglich, uns mit der unendlichen Fülle der auf uns eindringenden Reize abzufinden, ohne assimilierende Vorstellungen würden wir den Eindrücken unsrer Umgebung genau so fassungslos gegenüberstehen wie der Blinde, der plötzlich sehend wird.

Das Assoziieren der von uns aufgefaßten Elemente mit früheren Vorstellungen erfolgt so rasch, daß wir davon gar nichts bemerken. Wir glauben alles wirklich zu „sehen" und merken nicht, daß wir $^{9}/_{10}$, ja noch viel mehr, aus früheren Vorstellungen hinzutun, hinzudichten.

Erst wenn die assimilierende Kraft früherer Vorstellungen besonders stark wirkte und wenn wir hinterher Gelegenheit haben, die durch Assimilation erworbene neue Vorstellung mit ihrem Urbild (dem „Reiz") zu vergleichen, merken wir etwas von dieser Tätigkeit unsrer Auffassungskraft. Wir sagen dann, wir

Fig. 183. Assimilierende Tätigkeit beim Betrachten von Bildern.
(Aus: Neue Bahnen, März 1906.)

haben uns „verhört", „verlesen" u. s. f. und denken gar nicht daran, daß im Grund genommen alles Hören ein Verhören, alles Lesen ein Verlesen ist, zum mindesten ein Hineinhören, ein Hineinlesen unsrer bisherigen Vorstellungen. Das Wort „Irren ist menschlich" erfährt hier eine neue Beleuchtung.

Die pädagogische Bedeutung der Assimilation läßt sich in folgende Sätze fassen:

1. Je stärker die assimilierende Tätigkeit, desto leichter erfolgt die Aufnahme neuer Vorstellungen, desto leichter aber werden neu auftretende Vorstellungen verändert, gefälscht.
2. Je reicher und reichhaltiger der Schatz früherer Vorstellungen, desto eher erfolgt eine adäquate (dem neu auftretenden Reize wirklich entsprechende) Auffassung.

Von der großen Kraft der Assimilation können wir uns leicht durch einen Versuch überzeugen. Figur 184 zeigt eine bekannte Täuschung, eine Linie, durch zwei Parallele unterbrochen. Das linke Stück der Linie erscheint nicht mehr als

Fortsetzung des rechten Stücks, und es gelingt uns nicht, diese Täuschung zu beseitigen.

Vervollständigen wir aber das Bild (Fig. 185) und halten wir die Vorstellung fest, wie die beiden Personen an dem Seil ziehen, so ist im Augenblick die Täuschung verschwunden.

Die Kraft der früher erworbenen Vorstellung, daß ein von zwei Personen gespanntes Seil eine gerade Linie bildet, ist so stark, daß die Täuschung dadurch überwunden wird.

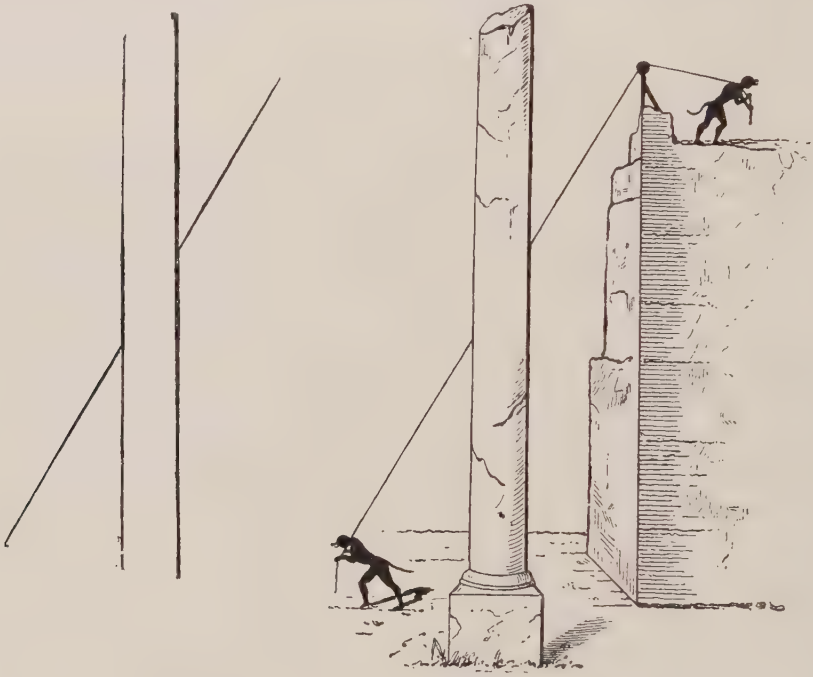


Fig. 184 u. 185. Assimilierende Kraft einer Vorstellung.
(Aus: Schumann, F., Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen. Zeitschr. f. Psychologie XXXVI, S. 183. A. Barth, Leipzig.)

2. Tachistoskopische Leseversuche.

Die Assimilation macht sich in allen den Fällen besonders stark geltend, wo das rasche Zusammenfassen einer großen Anzahl von Elementen zu Gesamtvorstellungen gefordert wird, also z. B. beim Lesen.

Mancher Lehrer der Kleinen fragt sich verzweifelnd: Wie ist es möglich, anstatt Rose — Rabe zu lesen? Seine Klagen über die gräßliche „Unaufmerksamkeit" seiner Schüler würden bald verstummen, wenn er einmal an tachistoskopischen Leseversuchen teilgenommen hätte.

Er würde dann vielleicht die überraschende Erfahrung machen*), daß bei starker Verkürzung der Expositionszeit (bis auf 2 σ, also 0,002 Sek.) die Kinder eventuell eine größere Anzahl von sinnlosen Buchstaben auffassen können als er selbst (Professor Meumann konnte drei bis fünf Buchstaben auffassen, ein elfjähriger Knabe fünf bis sieben), er würde finden, daß er beim Exponieren von längeren Wörtern dieselben Fehler macht, die er bei den Kindern für „unglaublich" hielt.

Die Versuche mit sinnvollem Material haben bei Erwachsenen ergeben, daß zwei Typen vorhanden zu sein scheinen. Die einen zeichnen sich aus durch fixierende, die andern durch fluktuierende Aufmerksamkeit. Die Personen mit fixierender Aufmerksamkeit haften bei der Betrachtung an einer bestimmten Stelle (die nicht immer die fixierte Marke des Fallschirmes, also der Fixationspunkt des Auges sein muß) und lesen an dieser Stelle einige Buchstaben ziemlich genau. Macht man nun den Versuch mehrmals hintereinander, so setzt sich bei ihnen allmählich mosaikartig das Ganze zusammen (objektiver Typus).

Die Personen mit fluktuierender Aufmerksamkeit aber schweifen mit ihrer Aufmerksamkeit über das ganze Gesichtsfeld, erfassen viel, aber unsicher (subjektiver Typus). Bei ihnen tritt dann der Vorgang der Assimilation besonders deutlich hervor.

Meßmer exponierte z. B. das Wort „Kastanienverkäufer" mehrmals hintereinander und erhielt bei zwei Beobachtern folgende Angaben. (Die Ziffern bedeuten die Nummern des Versuchs.)

Objektiver Typus.	Subjektiver Typus.
2. (herunter)	1. Kleinverkäuferin
3. käufer	2. Kleinverkäufer
4. verkäufer	4. Kannenverkäufer
5. astanienverkäufer	5. Kastanienverkäufer.
6. Kastanienverkäufer	

Hier sehen wir nun beim subjektiven Typus dasselbe Verfahren, wie es das Kind oft einschlägt: Eine aus dem Wortschatze des Betreffenden herbeigeholte Vorstellung bildet beim Verschmelzen mit den aufgefaßten Elementen ein Wort, das oft nur eine entfernte Ähnlichkeit mit dem exponierten Worte hat. Aber auch beim objektiven Typus ist dieser Vorgang durchaus nicht etwa ausgeschlossen**).

Kinder gehören meist zum fluktuierenden Typus, infolgedessen ist zwar der Umfang der Aufmerksamkeit ziemlich groß, da ihnen aber nur ein geringer Schatz von Vorstellungen zur Verfügung steht, so sind sie natürlich gegen die Erwachsenen bei Versuchen mit sinnvollem Material im Nachteil, namentlich in dem Falle, wenn sie einmal ein bestimmtes Wort in die Auffassung hineingelesen

*) Vgl. Meßmer, O., Zur Psychologie des Lesens bei Kindern und Erwachsenen, Archiv für die ges. Psych. Bd. II, 1904, von dessen Ergebnissen wir hier einiges mitteilen.

**) Vgl. Objektiver Typus, Nr. 2 (herunter)!!

haben. Während beim Erwachsenen der reichere Wortschatz immer neue Vorstellungen bereit hält, um bei einer wiederholten Darbietung assimilierend einzugreifen und einen Fehler auszugleichen, kann beim Kinde eine einmalige falsche Assimilation von verheerender Wirkung sein. Der geringe Vorstellungsschatz kann gegen die einmal assimilierende Vorstellung nicht aufkommen, diese Vorstellung beherrscht die weiteren Auffassungen, sie perseveriert (verharrt) im Bewußtsein. Der nachfolgende Versuch mit einem Kinde zeigt das deutlich. Gegeben war das Wort „herrschsüchtig". Die Perseveration des „heran" ist auffällig.

1. herrschen	6. heranschütten	13. hartarschütting
2. heranziehen	7. heranschütting	17. herrensüchtig
3. heranstürmen	8. heranschübten	18. hansüchtig
4. heranschüling	9. heranschlüning	19. hanssüchtig
5. heranschüning	12. hartschütting	24. herrschsüchtig.

Im Nachteil waren die Erwachsenen, wenn einmal ein Verbum (absichtlich) groß geschrieben war.

Bei dem Wort „Nennet" wurde von Erwachsenen angegeben: Nenner, Neumond, Norden, Name, Nautier, Moment, Neuheit, — also lauter Substantiva. Der große Buchstabe genügte, um die assimilierende Tätigkeit aus dem Schatze der Hauptwörter schöpfen zu lassen, wodurch in diesem Falle die richtige Auffassung erschwert war, Kinder waren bei diesen Versuchen nicht so verlegen. Grammatische oder orthographische Kategorien gibt es für ihre assimilierende Tätigkeit noch nicht*).

Die tachistoskopischen Leseversuche zeigen dem Lehrer die Ursache der Lesefehler und damit die Möglichkeit, sie zu verhindern. Er muß versuchen, die fixierende Aufmerksamkeit zu unterstützen, er muß vor allem den Lesestoff nur aus ganz bekannten Wörtern wählen. Tut er das nicht, so stellt er an das Kind Anforderungen, die kein Erwachsener zu erfüllen vermag. Kein Erwachsener ist imstande, auch nur einen Satz einer fremden Sprache nach einmaligem Vorsprechen oder Vorlesen lautrichtig wiederzugeben (auch wenn keine besonderen phonetischen Schwierigkeiten vorliegen), weil ihm die assimilierenden Vorstellungen fehlen.

3. Quantitative Bestimmung der Assimilationskraft.

Heilbronner**) hat die Auffassung Geisteskranker geprüft, indem er ihnen Bilder vorlegte, die erst nur in rohen Umrissen und dann immer besser ausgeführt den betreffenden Gegenstand darstellten (Fig. 186), und ihnen die Frage vorlegte, was das Bild bedeute. Dieselbe Methode hat dann van der Torren auf Kinder angewendet. (14 450 Einzelversuche.) Es zeigte sich dabei, daß die

*) Auch diese Versuche sind nach Meßmer wiedergegeben.

**) Heilbronner, K., Zur klinisch-psychologischen Untersuchungstechnik. Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie. Bd. 17 (Literaturangabe nach Meumann).

Mädchen durchschnittlich schlechter assimilieren als die Knaben. Bei den Mädchen also trat häufiger der Fall ein, daß sie nicht wußten, was das Bild bedeuten sollte, und demnach entweder gar nichts antworteten oder auf Befragen sagten:

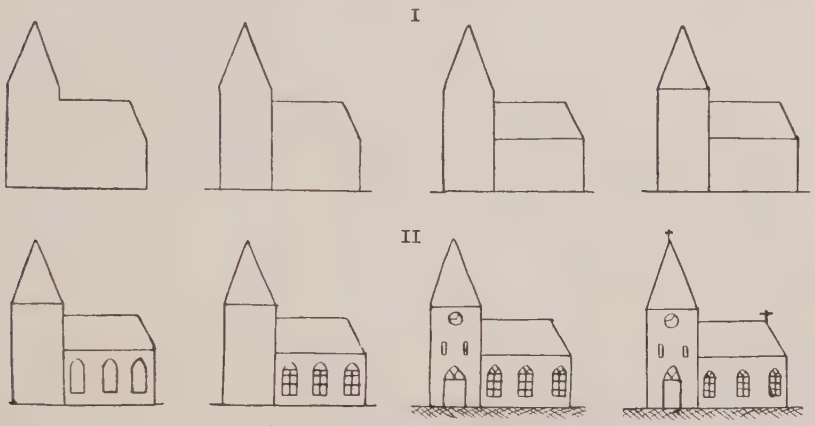


Fig. 186. Objekt für Auffassungsversuche nach van der Torren. Zeitschr. f. angewandte Psychologie I.

„Ich weiß nicht." Bei den wirklich erfolgten Assimilationen zeigt sich ferner, daß die Knaben den Mädchen in den richtigen Assimilationen auf allen Altersstufen voraus sind. Von 100 Urteilen vierjähriger Knaben waren beinahe 40 richtig, bei vierjährigen Mädchen nur etwas über 20 u. s. f. Die zwölfjährigen Mädchen geben ebensoviel richtige Urteile (55) wie die siebenjährigen Knaben. Dagegen übertreffen die Mädchen die Knaben auf allen Stufen in den „Konfabulationen", also in den phantasiemäßigen, falschen Ausdeutungen. Bei vierjährigen Knaben fanden sich 50 falsche Deutungen, bei Mädchen 70 u. s. f.

Eine andere Methode besteht darin, daß man den Kindern ein kompliziertes Bild (Fig. 187) vorlegt und sie nach Wegnahme des Bildes die dargestellten Gegenstände beschreiben läßt. Man kann außerdem nach bestimmten Gegenständen fragen. Man fordert also einen „Bericht" und stellt dann ein „Verhör" an*). Hier haben wir

Fig. 187. Thoma. Bauer und Bäuerin im Korn.
(Verkleinerte Wiedergabe nach den zeitgenössischen Kunstblättern. Breitkopf & Härtel, Leipzig.)

*) Die größten Verdienste um die Psychologie der Aussage hat sich Prof. Stern erworben, von dem diese Methode stammt.

es natürlich nebenbei mit Gedächtniserscheinungen zu tun, doch spielt auch die Assimilation eine große Rolle. Das zeigt sich z. B. darin, daß man durch geeignete Fragen (Suggestivfragen) imstande ist, eine nachträgliche Assimilation zu erreichen, sogar wenn es sich um Dinge handelte, die im Bilde gar nicht vorhanden waren.

Ich legte beispielsweise meinen Schülerinnen unter anderen folgende Fragen in bezug auf das Bild (Fig. 187) vor*):

1. Waren viel oder wenig Vögel in der Luft?
2. Hatte die Frau nicht einen Strohhut auf?
3. Lief der Hund vornweg oder hinterher?

Von 42 Schülerinnen hatten 13 die Vögel gesehen, 6 gaben den Strohhut zu, 13 hatten den Hund gesehen (!), er lief 8 mal vornweg, 5 mal hinterher.

Dabei hatte ich schon mehrere Bilder in ähnlicher Weise behandelt, die Kinder wußten also genau, worum es sich handelte. Es waren zwölfjährige Mädchen.

Wichtiger aber ist die Frage, wie bei solchen Betrachtungen die Assimilation durch besondere pädagogische Maßnahmen verbessert werden kann. Derartige Versuche sind von M. Dürr-Borst**) angestellt worden. Die Versuchsleiterin übte z. B. die Kinder vor Betrachten des Bildes im Benennen von Farben (es handelte sich um farbige Bilder). Dadurch wurden assimilierende Vorstellungsmassen gewonnen und die Auffassung verbessert.

Diese Methode könnte noch weiter ausgebaut und auf alle Fälle angewandt werden, wo es sich darum handelt, zu entscheiden, welcher Erfolg mit der „Einstellung", „Einfühlung" auf ein den Kindern darzubietendes Objekt zu erreichen ist.

Bei den angeführten beiden Methoden wird stets eine sehr große Anzahl von Versuchen anzustellen sein, weil in jedem einzelnen Falle das ganze unübersehbare Gebiet sämtlicher bereits vorhandener Vorstellungen in Wirksamkeit tritt, wobei natürlich eine sehr große Menge von Zufälligkeiten mitwirkt. Außerdem ist bei diesen Methoden nie ein genaues in Zahlen ausdrückbares Maß der Assimilationskraft zu erlangen.

Ich möchte darum eine dritte Methode empfehlen, die bisher noch nicht angewendet worden ist. Man kann auch die assimilierende Kraft einer bestimmten Vorstellung prüfen. Man kann z. B. untersuchen, innerhalb welcher Grenzen der linke Teil der schrägen Linie in Figur 184 verschoben werden kann, um eben noch als Fortsetzung des rechten Stückes angesehen zu werden. Man hat dann zunächst die Variationsbreite dieser optischen Täuschung für die betreffende Versuchsperson. Man macht nun denselben Versuch, indem man eine assimilierende Vorstellung einführt (Fig. 185). Auch hier verschiebt man das

*) Veranlaßt waren die Versuche dadurch, daß ich vor Gericht eine Aussage über die Zuverlässigkeit einer Schülerin abzugeben hatte, die als Zeugin gegen ihren Stiefvater aussagte und die ich erst ganz kurze Zeit kannte. Ich legte dem Richter den objektiven Befund der Versuche vor, der darauf hindeutete, daß das Kind stark suggestibel war.

**) Dürr-Borst, Marie, Die Erziehung der Aussage und Anschauung des Schulkindes. Die experimentelle Pädagogik, Bd. III, 1906.

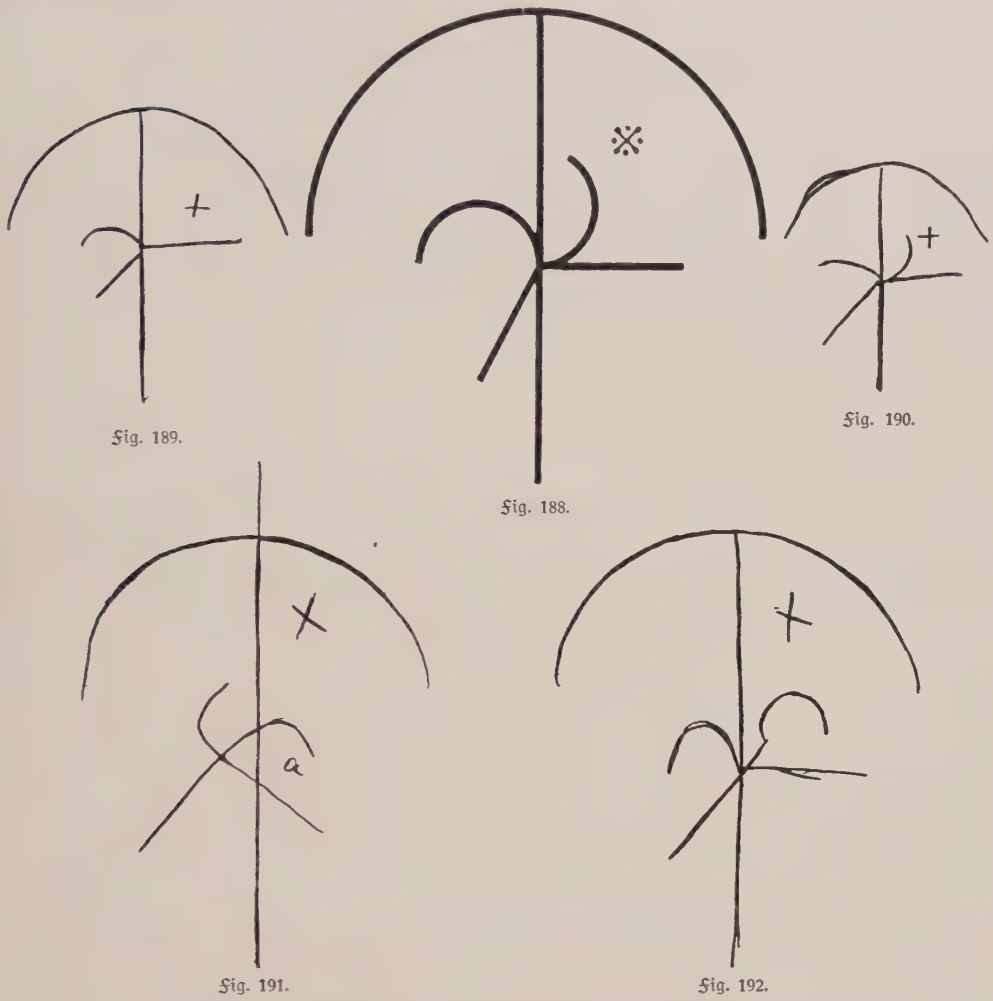


Fig. 189. Fig. 188. Fig. 190.

Fig. 191. Fig. 192.

Fig. 188—192. Zeichnungen zweier Schüler mit visuellem und konstruierendem Typus.
Fig. 188: Vorlage. Fig. 189: Erste Zeichnung eines Schülers mit visuellem Typus. Fig. 190: Zweite Zeichnung eines Schülers mit visuellem Typus. Fig. 191: Erste Zeichnung eines Schülers mit konstruierendem Typus. Fig. 192: Zweite Zeichnung eines Schülers mit konstruierendem Typus.
(Aus: Albien, G., Dr., Bilderheft zu der Abhandlung: Der Anteil der nachkonstruierenden Tätigkeit des Auges usw. Zeitschr. f. experimentelle Pädagogik, Bd. VI.)

linke Stück des Striches — mit der ziehenden Person — nach oben und unten und stellt wieder fest, innerhalb welcher Grenzen die Linie als eine Linie erscheint. Infolge der assimilierenden Kraft der Vorstellung eines Zugseiles wird die Variationsbreite voraussichtlich eine größere sein. Der Vergleich beider Variationsbreiten gibt ein genaues Maß der assimilierenden Kraft der Versuchsperson.

4. Assimilationswirkungen in verschiedenen Unterrichtsfächern.

Man nehme irgendein Bild, etwa das eines Pferdes, stelle es vor die Kinder und lasse sie dann einen Bericht geben. Dieser Bericht wird sicher ganz verschieden ausfallen, je nachdem, ob der Lehrer der Naturgeschichte das Bild hingestellt hat oder der Zeichenlehrer. In jedem Falle werden schon durch die Tatsache, daß die Betrachtung unter dem Zeichen eines bestimmten Unterrichtsfaches steht, andere Aussagen erfolgen, weil andere Vorstellungen vom Kinde zur Assimilation bereit gehalten wurden. Ja, man

Fig. 193. Visueller Typus.

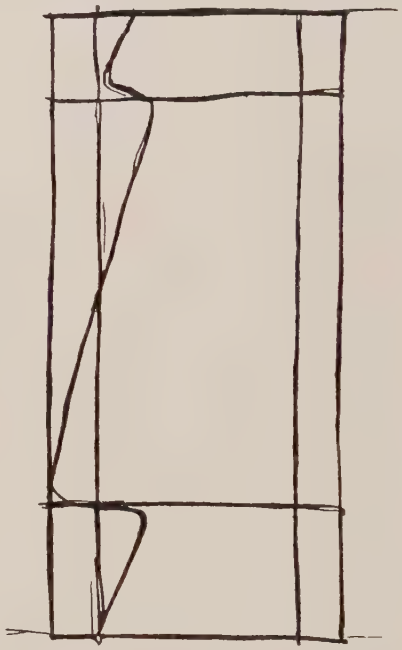


Fig. 194. Konstruierender Typus.

Zeichnungen zweier Schüler nach einer Vase.
(Aus: Albien, G., Dr., Bilderheft zu der Abhandlung: Der Anteil der nachkonstruierenden Tätigkeit des Auges usw. Zeitschr. f. experimentelle Pädagogik, Bd. VI.)

wird sich durch Befragung überzeugen können, daß die Kinder nicht etwa „dem Zeichenlehrer zu Gefallen" nur die Farben- und Formenverhältnisse mitteilen,

während sie das andere, was sie beobachtet haben, nicht mitteilen, weil sie wissen, „daß es den Zeichenlehrer nicht interessiert", sondern, daß sie wirklich in einem Falle die mehr naturwissenschaftlichen Elemente, im andern die Farben und Formen schlechter aufgefaßt haben.

Nun muß es außer dieser einseitigen Auffassung doch noch eine „natürliche" geben, bei der das gesamte Vorstellungsmaterial, gewissermaßen die „Weltanschauung" des Kindes assimilierend einwirkt. Welches Schulfach pflegt wohl diese „natürliche" Assimilation? Auf der Unterstufe vielleicht der Anschauungsunterricht, auf der Oberstufe ist der „Gesamtunterricht" bisher ein Ideal geblieben. Ja, der Fall liegt leider so, daß oft schon früh um acht, nach der ersten Stunde, die Kinder sich einen gewaltsamen Ruck geben möchten, um nun die Vorstellungen bereit zu halten, die in dieser zweiten Stunde allein als assimilierende Vorstellungen Anerkennung finden, während in der vorigen Stunde ganz andere Vorstellungen zur Assimilation gewürdigt und gefordert wurden.

Fig. 195. Zeichnung nach der in Fig. 188 gegebenen Vorlage. (Drehung um 90°.) (Aus: Albien, G., Dr., Der Anteil der nachkonstruierenden Tätigkeit des Auges usw.)

Es wäre sehr wichtig zu erfahren, wie sich die natürliche Auffassung größerer Kinder, die man nur durch Versuche im Hause, von Eltern oder Verwandten angestellt, erfahren könnte, zu dem verhält, was in der Schule durch die Anwendung eines weit verzweigten Fachsystems erzogen wird. Vielleicht würden derartige Versuche ergeben, daß viele der „Musterschüler" bei der „natürlichen Auffassung" weniger leisten als manches Kind, das in der Schule schlecht abschneidet, später aber zu unserm Erstaunen sich besser in die Welt findet als andere. —

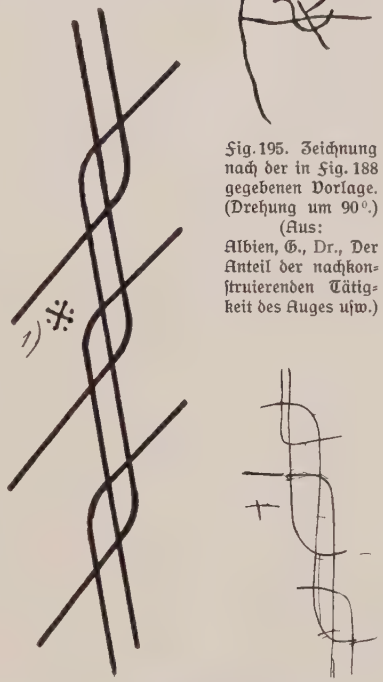


Fig. 196 u. 197.
Gedächtniszeichnung im Spiegelbild.
Fig. 196: Vorlage; Fig. 197: Gedächtniszeichnung.
(Aus: Albien, G., Dr., Zeitschr. f. experimentelle Pädagogik, Bd. VI.)

Auch für die Methodik der einzelnen Unterrichtsfächer, wie sie nun einmal bestehen, ließen sich Versuche über die Wirkung der Assimilation anstellen.

Man könnte z. B. ein Naturobjekt, etwa die Katze, im Naturgeschichtsunterricht unter folgenden drei Gesichtspunkten eine bestimmte Zeit betrachten lassen und dann von den Kindern Aussagen verlangen.

1. Allgemeine Betrachtung. Sieh dir das Bild genau an, wir wollen es dann beschreiben.
2. Betrachte die Katze als Raubtier.
3. Betrachte die Katze als Haustier.

Die erste Betrachtung fordert eine allgemeine, systematische Beschreibung. Bei der zweiten und dritten ist die Betrachtung unter die Einwirkung besonderer assimilierender Vorstellungen gestellt, wobei die zweite Betrachtungsart den Gesichtspunkt aus der Naturwissenschaft selbst wählt, während er bei der dritten aus einer allgemeineren Art der Weltbetrachtung hervorgegangen ist.

Besonders interessant wäre der Vergleich zwischen 2 und 3, es wäre wichtig, festzustellen, auf welchen Altersstufen bei 2 oder bei 3 bessere Ergebnisse erlangt werden.

Fig. 198. Vermischung von Grund- und Aufriß in einer Kinderzeichnung.
Geschichte von Hans Guck-in-die-Luft.
(Aus: Levinstein, S., Dr., Kinderzeichnungen. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1905.)

II. Assimilation durch die formalen Verhältnisse der Vorstellungen.

1. Individuelle Unterschiede beim Einordnen in das Raumbild.

Genau so wie jede neu auftretende Vorstellung sich in den zeitlichen Verlauf der Bewußtseinsvorgänge einordnen muß, so läßt sich eine neu auftretende Gesichtsvorstellung nur so assimilieren, daß ich sie in die durch viele Erfahrungen erworbene Vorstellung eines Raumes einordne.

Dabei zeigen sich individuelle Unterschiede, je nachdem der bereits vorhandene Formenschatz der räumlichen Vorstellungen, des Rechts und Links, des Oben und Unten, oder Einzelformen wie der Halbkreis usw., mehr oder weniger als assimilierende Vorstellungen mitwirken.

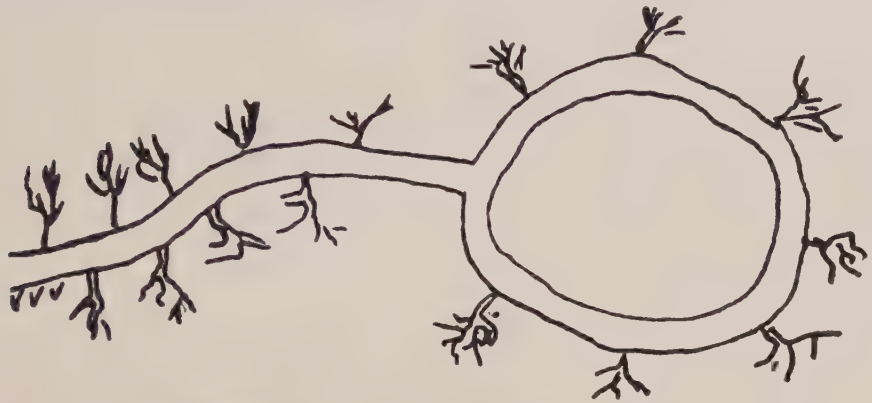


Fig. 199. Dieselbe Vermischung von Grund- und Aufriß auf einer Zeichnung der Dakota-Indianer. Teich und Weg, mit Bäumen bestanden.
(Aus: Levinstein, S., Dr., Kinderzeichnungen. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1905.)

Albien*) legte mehreren Schülern die Zeichnung Figur 188 zehn Sekunden lang vor und ließ sie dann nachzeichnen. Der eine Schüler (Fig. 189, 190) gehört dem visuellen Typus an. Beim erstenmal (Fig. 189) hat er nicht alles erkannt, aber alles, was er zeichnet, ist ziemlich richtig. Beim zweitenmal ist die ganze Zeichnung richtig. Nur der Halbkreis ist unvollständig. Der Schüler verläßt sich auch hier auf sein Auge. Er gibt die runde Form wieder, ohne mit besonderen vorhandenen Vorstellungen an die Figur heranzutreten, wobei er vielleicht erkannt hätte, daß der Bogen ein Halbkreis ist.

Ganz anders der zweite Schüler. Er tritt mit einem Schatze eingelernter Formen an die Figur heran und assimiliert infolgedessen schneller. Schon bei der ersten Betrachtung (Fig. 191) hat er alles dargestellt. Aber selbst auf der zweiten (Fig. 192) noch sind beträchtliche Fehler. Zwar ist der Kreis

Fig. 200. Grund- und Aufriß vermischt. Zeichnung aus einer ägyptischen Grabkapelle. Teich, mit Bäumen umstanden. Ziegelarbeiter schöpfen Wasser.
(Aus: Levinstein, S., Dr., Kinderzeichnungen. R. Voigtländers Verlag, Leipzig 1905.)

*) Albien, G., Dr., Der Anteil der nachkonstruierenden Tätigkeit des Auges und der Apperzeption an dem Behalten und der Wiedergabe einfacher Formen. Zeitschrift für experimentelle Pädagogik. Bd. VI. 1907. Nemnich, Leipzig.

besser wiedergegeben, hier brachte er die Halbkreisform assimilierend entgegen. Dagegen ist einer der kleineren Bogen völlig verkehrt. Die assimilierende Kraft des kleineren Halbkreises hat hier die richtige Auffassung gestört.

Die beiden Schüler arbeiten natürlich auch im Unterricht ganz verschieden. Es wird ihnen eine Vase zum Abzeichnen hingestellt. In kurzer Zeit ist der erste

Fig. 201.

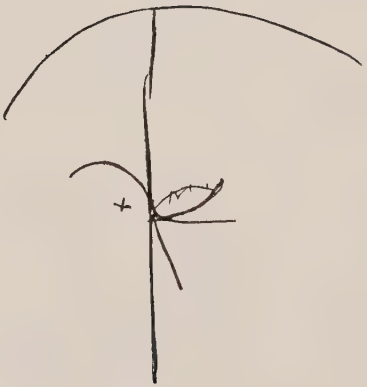


Fig. 202.

Fig. 203.

Fig. 201—203. Perseverierende Vorstellungen als Störungen der Auffassung. (Aus: Albien, G., Dr., Zeitschr. f. experimentelle Pädagogik, Bd. VI.)

mit einer Skizze fertig (Fig. 193), der zweite hat unterdessen die Zeichnung Figur 194 geliefert. Man sieht, er entwirft sich sofort ein Schema, in das er die Form hineinkonstruiert.

2. Anomalien der Auffassung.

Schon bei dem erwähnten Versuche trat der Fall ein, daß einmal rechts und links verwechselt wurde. Es muß eben die neuauftretende Form auf jeden Fall in den bestehenden Raum eingeordnet werden und wenn damit an irgendeiner Stelle ein kleiner Fehler gemacht wurde, so kann dies, um nur die Form richtig darzustellen, schließlich sogar zur Umkehrung der ganzen Form führen. So hat einer der Schüler Albiens die ganze Figur um 90^0 gedreht (Fig. 195), ein anderer zeichnete die Figur 196 ab und war hinterher selbst sehr erstaunt, daß er die übrigens außerordentlich schwer zu erfassende Figur zwar im wesentlichen richtig, aber im Spiegelbild gezeichnet hatte. (Fig. 197.)

Ein ähnlicher Fall liegt vor, wenn Kinder die beiden zu Gebote stehenden Darstellungsmöglichkeiten des Grundrisses und Aufrisses in ein und derselben Zeichnung verwenden (Fig. 198). Es liegt für die naive Betrachtung durchaus nichts Widersinniges darin, sich dort, „wo noch Platz ist", eines andern Systems von assimilierenden Formvorstellungen zu bedienen. Auch die Völker niederer Kulturstufen (Fig. 199, 200) zeichnen zuweilen Grundriß und Aufriß in einer Figur. Wir schließen noch einen Fall an, wo in Albiens Versuchen nicht eine reine Formvorstellung, sondern eine Sachvorstellung einwirkte und wo durch die Perseveration dieser Vorstellung (vgl. Seite 166) die Auffassung erschwert wurde. Der Schüler hat in drei Versuchen (Fig. 201, 202, 203) sich schließlich recht gut mit seiner Aufgabe abgefunden. Nur der Halbkreis ist auffällig flach. Darüber befragt, gab der Schüler an, er habe beim Betrachten des Bildes an einen „Flitzbogen" gedacht.

H. Gedächtnis.

I. Grundsätzliches zur Methodik der Gedächtnisversuche.

1. Einteilung der Methoden der Gedächtnisuntersuchung.

Als Gedächtnis*) bezeichnet man gewöhnlich die Fähigkeit, Vorstellungen aufzubewahren und nach einer bestimmten Zeit wieder zu reproduzieren. In dieser vulgären Erklärung sind zwei elementare Fehler enthalten. Von einem Aufbewahren der Vorstellungen kann keine Rede sein. Der einzelne Bewußtseinsvorgang, den wir erleben, ist mit seiner Vollendung unwiederbringlich verloren und kehrt niemals wieder. Es kann sich also nur darum handeln, daß Vorstellungen oder Elemente des Bewußtseinsvorgangs in ähnlicher Weise wiederkehren. Zweitens übersieht die vulgäre Definition, daß das Gedächtnis wesentlich eine Erscheinung der sukzessiven Assoziation ist, daß es sich also niemals um eine Vorstellung oder ein Element unsers Bewußtseins, sondern stets um zwei solche Elemente handelt, die in einem Akte der Verknüpfung, dem „Lernen" oder „Einprägen" verbunden werden und von denen dann das eine, wenn es als äußerer oder innerer Reiz, als Sinnesempfindung oder als reproduziertes Empfindungselement wieder auftritt, ein zweites Element assoziiert, das dem beim Lernakt mit ihm verknüpften ähnlich ist. Den letzteren Prozeß bezeichnet man als die Reproduktion. Mit derselben ist normalerweise ein besonderes Gefühl, das Gefühl des Bekanntseins, verbunden. Wenn ich z. B. reproduziere: $3 \times 4 = 12$, so „weiß ich, daß das so richtig ist".

Bei einer Prüfung des Gedächtnisses kann ich so verfahren, daß ich an dieses Wiedererkennungsgefühl appelliere. Ich kann untersuchen, in welchen Grenzen ich einen früher gegebenen Reiz, etwa eine Farbenempfindung, verändern darf, um gerade noch das Bekanntheitsgefühl hervorzurufen. Wir wollen diese Methoden als Wiedererkennungsmethoden bezeichnen.

*) Das Kapitel „Gedächtnis" schließt sich nur sehr lose an das vorige: Assimilationen, an. Wir haben schon in der Einleitung darauf hingewiesen, daß wir nicht beabsichtigen, das ganze System der Psychologie darzustellen. Infolgedessen haben wir von den simultanen Assoziationen nur die Assimilationen herausgegriffen, die Verschmelzungen und Komplikationen (vgl. Wundt, Physiologische Psychologie) aber weggelassen. Von den sukzessiven Assoziationen greifen wir nur das komplizierte Phänomen des Gedächtnisses heraus, weil es für die Pädagogik von großer Bedeutung ist und weil die Methodik der Gedächtnisuntersuchung besonders gut ausgebildet ist.

Man kann aber zweitens auch die Reproduktion benutzen: der bekannte Fall, wenn das Kind morgen etwas „aufsagen" soll, was es heute „gelernt" hat.

Demnach unterscheiden wir Wiedererkennungs- und Reproduktionsmethoden.

2. Material der Gedächtnisprüfungen.

Das Phänomen des Gedächtnisses zeigt sich am einfachsten in der Verknüpfung zweier Bewußtseinselemente; im praktischen Leben und besonders in der Pädagogik spielt aber die sukzessive Verknüpfung vieler Elemente zu Reihen eine so große Rolle, daß die Gedächtnisforschung den Gesetzen der Reihenverknüpfung besondere Aufmerksamkeit zugewendet hat.

Von größter Bedeutung sind Reihenbildungen, wie sie in der sprachlichen Reproduktion unsrer Vorstellungen vorliegen. Die Erforschung der Gesetze, die beim Erlernen und Reproduzieren solcher komplizierter Reihen Geltung haben, muß als das Ziel der Gedächtnisuntersuchungen bezeichnet werden.

Und die experimentelle Methode hat hier auch schon Erfolge zu verzeichnen. So ist durch Versuche ziemlich einwandfrei festgestellt, daß kleinere Sprachganze, etwa Gedichte, am besten so eingeprägt werden, daß sie nicht in Teilen, sondern stets im ganzen memoriert werden. Eine psychologische Erklärung ist leicht zu geben. Lerne ich von einem Gedicht fünfmal hintereinander die erste Strophe, so folgt bei dieser Lernart auf das letzte Wort der Strophe jedesmal das erste Wort derselben Strophe, wodurch sich, auch ohne unsere Absicht, Assoziationen zwischen dem Ende und dem Anfang derselben Strophe knüpfen. Will ich später das ganze Gedicht reproduzieren, so wird aber gefordert, daß sich mit dem Ende der ersten Strophe der Anfang der zweiten assoziiert. Es ist nun nicht zu verwundern, daß in diesem Falle die häufigen falschen Assoziationen schließlich die ganze Reproduktion stören. Jedesmal am Ende der Strophe ist die Reproduktion gehemmt.

Die Untersuchung an komplizierten Sprachganzen hat aber natürlich ihre großen Schwierigkeiten. Es ist kaum möglich, zwei Gedichte zu finden, die in bezug auf die Gedächtnisleistung als gleich schwer zu bezeichnen sind. Zu zahlenmäßigen Angaben über die Kraft des Gedächtnisses kann man auf diesem Wege nicht gelangen.

Dazu ist es notwendig, ein möglichst gleichartiges Material zu verwenden. Man könnte etwa an Buchstaben oder einstellige Zahlen denken. Es zeigt sich aber bald, daß dann nicht genug Bausteine vorhanden sind, aus denen wir unsre Reihen zusammensetzen können. Der einzelne Buchstabe kehrt zu oft wieder.

Durch viele tausend Versuche hat sich gezeigt, daß sinnlose Silben von der Form sil, ten, mab usw. sich am besten eignen. Ein Vokal ist eingeschlossen durch zwei Konsonanten. Alle sinnvollen Zusammenstellungen sind auszuschließen, weil ein sinnvolles Wort natürlich bedeutend leichter mit einem nachfolgenden sich assoziiert als zwei sinnlose Silben.

Hat man mit Hilfe solcher Silben Prüfungen angestellt, so wird man dann zu Wörtern, Sätzen, Sprachganzen übergehen.

Fig. 204. Leistungen des visuellen Gedächtnisses bei kleinen Kindern.
(Aus: Tadd, L., Neue Wege zur künstlerischen Erziehung der Jugend. R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

3. Variierbare Bedingungen bei Gedächtnisprüfungen.

a) Das Lernen.

Man kann den Gedächtnisstoff auf verschiedene Art darbieten. Ich kann eine Reihe von Silben vorsprechen und als geschriebenes oder gedrucktes Wort dem Kind darbieten: akustische und visuelle Darbietung. Ich kann dem Kind dabei erlauben, die Silben nachzusprechen: akustisch-sprachmotorische und visuell-sprachmotorische Darbietung. Ich kann ferner das Nachfahren der Buchstabenform in der Luft oder auf einer Schreibfläche gestatten u. s. f. und kann nun feststellen, welche Wirkung die Art der Vorführung auf die Gedächtnisleistung

hat. Diese Untersuchungen können wichtige Aufschlüsse zur Methode des Rechtschreibunterrichts*) usw. geben.

Bei solchen Versuchen ist besonders zweierlei zu beachten. Erstens muß die Zeit der Vorführung in den zu vergleichenden Fällen gleich sein. Wenn man ein Wort das eine Mal abschreibt und das andere Mal nur einen Augenblick ansieht, so gibt selbstverständlich das Schreiben bessere Resultate. Bei einem exakten Versuch muß die Zeit des Ansehens und des Schreibens gleich sein.

Zweitens ist es für die Pädagogik wichtig, daß die Gedächtnisprüfungen nicht zu kurze Zeit nach dem Erlernen erfolgen. Wir wollen wissen, ob das dauernde Behalten im einen oder andern Falle gewinnt.

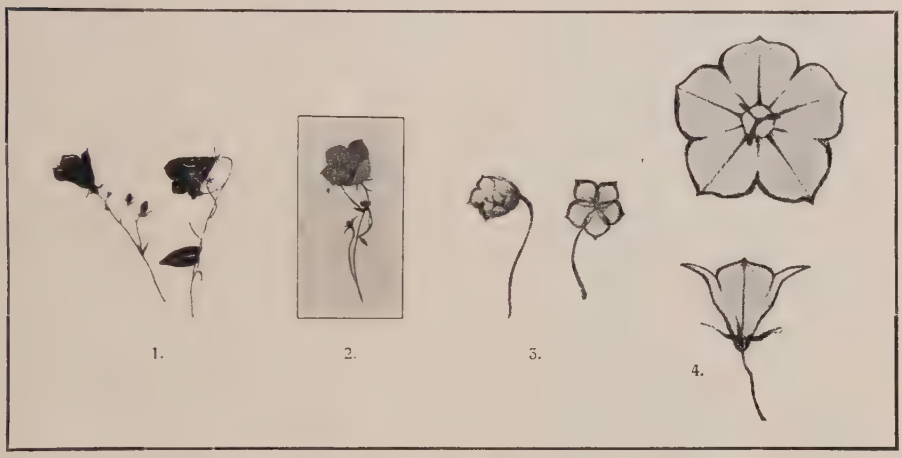


Fig. 205. Darstellungen einer Glockenblume (Walter Sch., 12 1/2 Jahre).
1. Silhouetten nach der Natur. 2. Farbige Pinselzeichnung nach der Natur. 3. Gedächtniszeichnung vor dem Formen der Glockenblume. 4. Gedächtniszeichnung nach dem Formen der Glockenblume (von der Seite und von vorn gefordert).
(Aus der 13. Bezirksschule zu Leipzig-L. — Weißenborn, Fr., Das Formen, ein Ausdrucks- und Erziehungsmittel. Neue Bahnen, Februar 1906. R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

Wenn es sich um eine Prüfung des Gedächtnisses im allgemeinen handelt, so ist die visuelle Darbietung zu bevorzugen. Es ist unmöglich, bei der akustischen Vorführung, beim Vorsprechen, das Material ganz gleich, also gleich laut, gleich deutlich, gleich betont vorzutragen, während bei Vorführung von gedruckten Buchstaben eine größere Gleichmäßigkeit zu erzielen ist. Namentlich kann auch die Dauer der Darbietung viel genauer reguliert werden.

Bei der Prüfung des Gedächtnisses für Formen wäre eine systematische Arbeit sehr erwünscht, die alle Arten der Darbietung einer Form in bezug auf die Gedächtniswirkung untersuchte. Also: bloßes Zeigen der Form, Nachzeichnen, Nach-

*) Lay, Führer durch den Rechtschreibunterricht. Nemnich, Wiesbaden. 3. Aufl. 1905.

formen u. s. f. Und dann jedesmal aus dem Gedächtnis: Beschreiben der Form, Zeichnen der Form, Formen des Gegenstandes.

Welcher Leistungen das visuelle Gedächtnis bei systematischer Übung schon bei kleinen Kindern fähig ist, sehen wir in Figur 204; und in Figur 205 haben wir schon einen Anfang der von uns vorgeschlagenen Untersuchung. In Nr. 3 die Gedächtniszeichnung nach vorherigem Abzeichnen, in Nr. 4 nach vorangegangenem Formen des Gegenstandes.

Beim Lernprozeß lassen sich nun noch folgende Bedingungen variieren:

Die Zahl der Wiederholungen. Ich kann also prüfen, wie sich das Gedächtnis verhält, wenn ich eine Reihe 1×, 2× usw. darbiete.

Fig. 206. Ranschburgs Gedächtnisapparat.

Die Geschwindigkeit der Darbietung. Ich kann jedes einzelne Objekt eine halbe, eine ganze Sekunde darbieten u. s. f.

Das Intervall zwischen den Darbietungen. Ich kann eine Reihe 20 mal hintereinander wiederholen, ich kann aber auch zwischen jene Wiederholungen eine Stunde, einen Tag, eine Woche Pause einlegen.

Endlich kann ich noch verschiedene Nebenumstände prüfen, z. B. Ort, Farbe, Umgebung der Reize. Lernt das Kind leichter, wenn die zu lernenden Vokabeln über- oder nebeneinander stehen, wenn die Buchstaben schwarz oder bunt gedruckt sind, wenn der Hintergrund grau oder weiß ist?

Wenn ich ein solches Moment zum Gegenstand der Untersuchung mache, müssen alle andern Momente dabei unverändert bleiben. Variiere ich also die Farbe der Reize, so müssen die Zahl der Wiederholungen, die Geschwindigkeit und Art der Darbietung (ob visuell oder akustisch), das Intervall zwischen den Darbietungen und die sonstigen Nebenumstände konstant gehalten werden.

b) Die Zwischenzeit zwischen Lernen und Reproduzieren

kann zunächst ihrer Länge nach variiert werden. Ich kann prüfen, wieviel ich von einer Reihe nach einer Stunde, einem Tage, einer Woche noch reproduzieren kann. Bei kürzeren Zwischenzeiten kann ich ferner mit „ausgefüllten“ und mit „leeren“ Zeiten arbeiten. Ich kann also fragen, wie sich das Gedächtnis verhält, wenn ich zwischen Lernen und Reproduzieren eine bestimmte geistige Arbeit (Rechenstunde) einschiebe oder wenn die Zeit „mit nichts“ ausgefüllt war.

c) Bei der Reproduktion

kann wieder in der mannigfachsten Weise variiert werden. Ich kann die Gedächtnisleistung durch Aussprechenlassen oder Aufschreiben der Worte prüfen. Wichtig ist besonders das zeitliche Moment. Es gehört zu einer exakten Messung, daß für das Reproduzieren jeder Silbe eine bestimmte Zeit, etwa zwei bis vier Sekunden, gewährt wird; was in dieser Zeit nicht reproduziert wird, wird als nicht mehr reproduzierbar angesehen. Der wichtigste Unterschied bei der Prüfung aber besteht darin, ob ich überhaupt eine Reproduktion verlange oder nur das Vorhandensein von Wiedererkennungsgefühlen prüfe. (Wiedererkennungs- und Reproduktionsmethoden.) Das Nähere über diese Unterschiede bringt die Besprechung der einzelnen Gedächtnismethoden.

II. Gedächtnisapparate.

1. Apparate zu psychologischen Untersuchungen.

Der Apparat von Ranschburg besteht aus einem Kasten, in dem durch die Wirkung zweier Elektromagnete eine Achse ruckweise bewegt wird (Fig. 206). Auf die Achse wird eine Scheibe (Fig. 207) mit der zu lernenden Reihe aufgesteckt, so daß beim Zuschlagen des Deckels nur ein Wort durch einen Spalt (Fig. 208) zu sehen ist. Bringe ich den Apparat in Verbindung mit einem Metronom (Fig. 208), so wird bei jedem Metronomschlag die Scheibe um ein Wort weiterrücken. Jedes Wort erscheint im Spalt eine ganz bestimmte Zeit, etwa eine Sekunde. Will ich die Reihe schneller geben, so schiebe ich das Gewicht am Metronom tiefer. Es schlägt dann rascher, und die zum Betätigen der Elektromagnete nötigen Stromschlüsse folgen schneller hintereinander. Will ich eine Reihe von sieben Silben darbieten, so drücke ich den Taster T (Fig. 208) so lange nieder, bis sieben Metronomschläge vorbei sind. Dann lasse ich den Taster los. Es erfolgt nun kein Stromschluß mehr. Die Scheibe bleibt stehen, während das Metronom weiter schlägt. Will ich zwischen zwei Silben eine Pause einschalten, so muß ich auf der Scheibe ein oder zwei Felder zwischen den Silben freilassen.

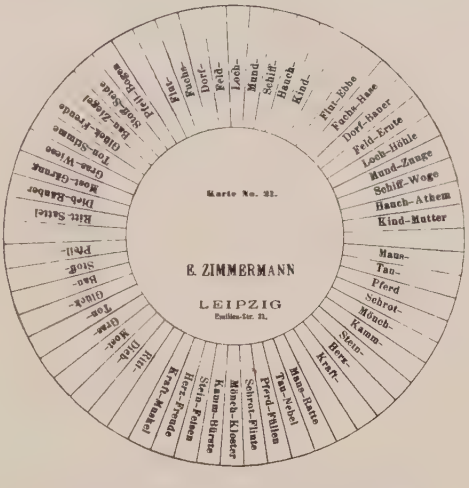


Fig. 207. Scheibe zu Gedächtnisuntersuchungen.

Störend ist bei diesem Apparat das Geräusch bei der Umdrehung.

Professor Wirth hat diesen Apparat verbessert und die Geräusche beseitigt. Figur 209 zeigt den Wirthschen Apparat, der sich vorzüglich für alle Unter-

suchungen in Laboratorien eignet. Wir sehen die beiden Elektromagnete mit ihren Ankern, an denen das Stiftrad ruckweise vorbeigleitet. Figuren 210 und 211 zeigen einen ganz ähnlichen Apparat, bei dem aber nicht eine Scheibe,

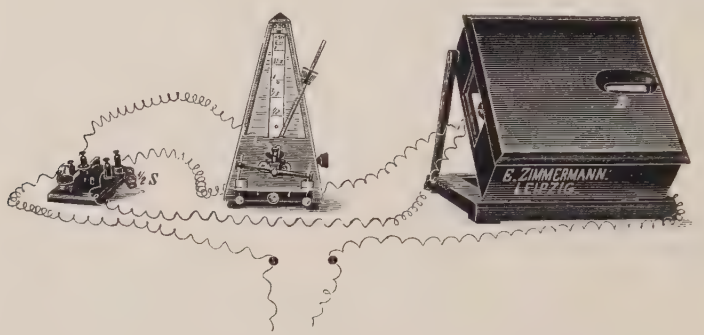


Fig. 208. Ranschburgs Gedächtnisapparat mit Hilfsapparaten.

sondern ein Band bewegt wird. Man hat hier den Vorteil, daß man beliebig viel Silben hintereinander verwenden kann.

Professor Schumann und Meumann haben ein Uhrwerk mit Trommel verwendet (ein Kymographion). Vor die sich drehende Trommel kommt ein Schirm,

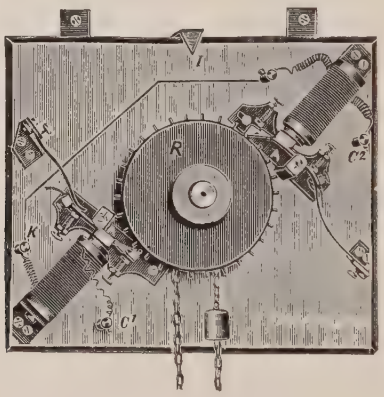


Fig. 209. Wirths Gedächtnisapparat.

in dem sich ein Spalt befindet (Fig. 212). Die zu lernenden Silben werden auf ein Papier gedruckt oder geschrieben, das man um die Trommel herumklebt. Bei diesem Apparat stellen sich aber, namentlich bei schnelleren Geschwindigkeiten, leicht Schwindelerscheinungen ein. Es ist überhaupt nicht von Vorteil, daß sich das exponierte Objekt ständig in Bewegung befindet.

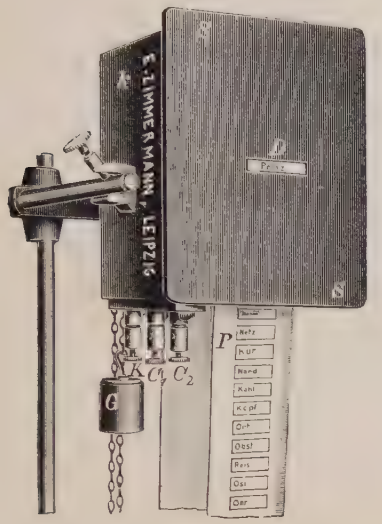


Fig. 210.

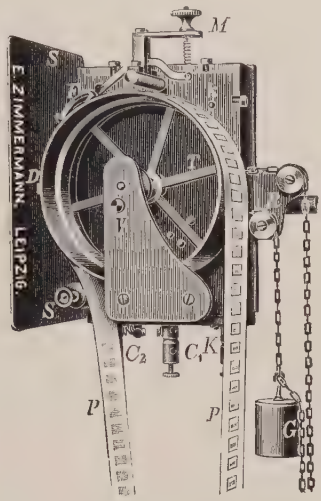


Fig. 211.

Fig. 210 u. 211. Wirths Gedächtnisapparat mit langen Papierstreifen.

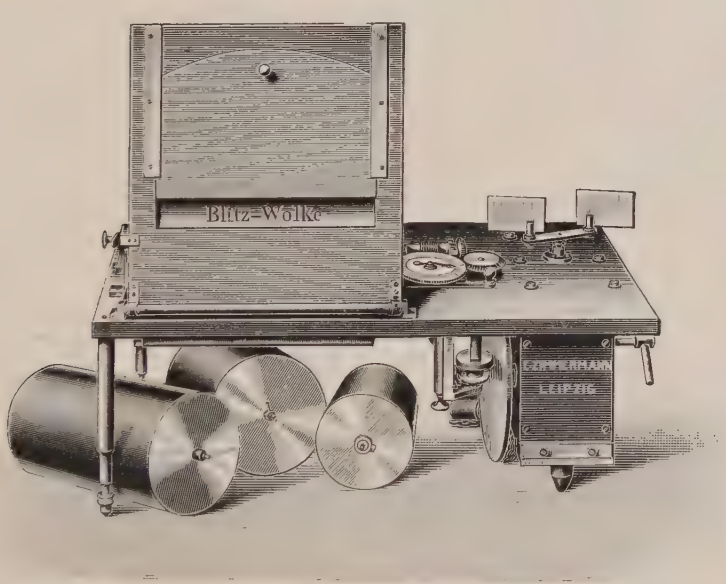


Fig. 212. Müllers Gedächtnisapparat.

2. Gedächtnisapparat zu pädagogischen Untersuchungen.

Für pädagogische Untersuchungen wird man besonders zweierlei fordern: Der Apparat muß einfach sein und muß die Gesichtsobjekte weithin sichtbar darbieten.

Ich schlage darum folgendes Verfahren vor: Wir benutzen unser gewöhnliches Kymographion (K) mit Uhrwerk (Fig. 144), das diesmal wagerecht in einen Holzkasten (H) eingelagert ist (Fig. 213 u. 214). Auf der Trommel (Tr) befestige ich ein langes Band, auf dem in Zwischenräumen von einem Zentimeter

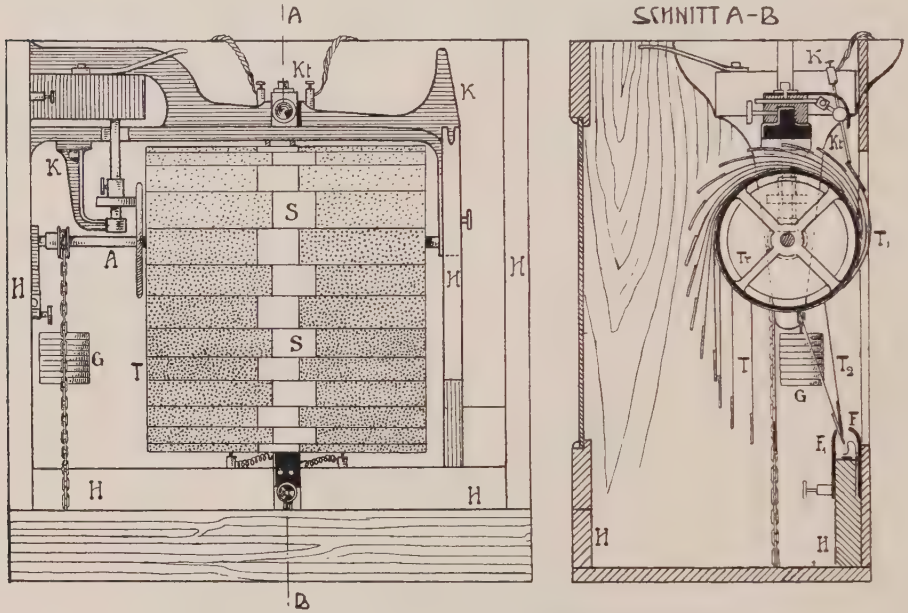


Fig. 213 u. 214. Neuer Gedächtnisapparat für pädagogische Untersuchungen.

dünne Taschen (T, T_1, T_2) angebracht sind, in die man Papiere mit aufgedruckten Silben u. s. f. einlegen kann. Läßt man die Trommel laufen (Fig. 217), so fallen die Taschen mit den Gesichtsobjekten eine nach der andern herab, ganz ähnlich wie bei den bekannten einfachen kinematographischen Vorführungen (bei denen ein dickes Buch von Bildern durch Vorbeidrehen an einem Anschlag vor den Augen des Beobachters durchgeblättert wird), nur natürlich viel langsamer. Die Geschwindigkeit verändert man, indem man die Trommel schneller oder langsamer laufen läßt. Mit diesem Apparat können hundert und mehr Personen gleichzeitig untersucht werden. Der Apparat ist bequem zu transportieren.

Für Messungen von Reaktionszeiten dienen elektrische Kontakte (Kt) an kleinen Silberblechen (S). Fig. 215 zeigt den oberen, Fig. 216 den unteren Kontakt. Für

gewöhnlich wird nur der obere Kontakt benutzt. Der Apparat kann also außer zu Gedächtnisversuchen auch in allen den Fällen verwendet werden, wenn man die Reaktionszeit bei Verwendung eines visuellen Reizes messen will (vgl. S. 206).

III. Wiedererkennungsmethoden.

1. Einfache Verknüpfung.

a) Prüfung durch kontinuierlich veränderliche Reize.

Die Wiedererkennungsmethoden beruhen darauf, daß ich untersuche, um wieviel sich eine Vorstellung nach bestimmter Zeit geändert hat. Ich benutze bei diesen Prüfungen am besten Reize, die sich kontinuierlich ändern lassen, also

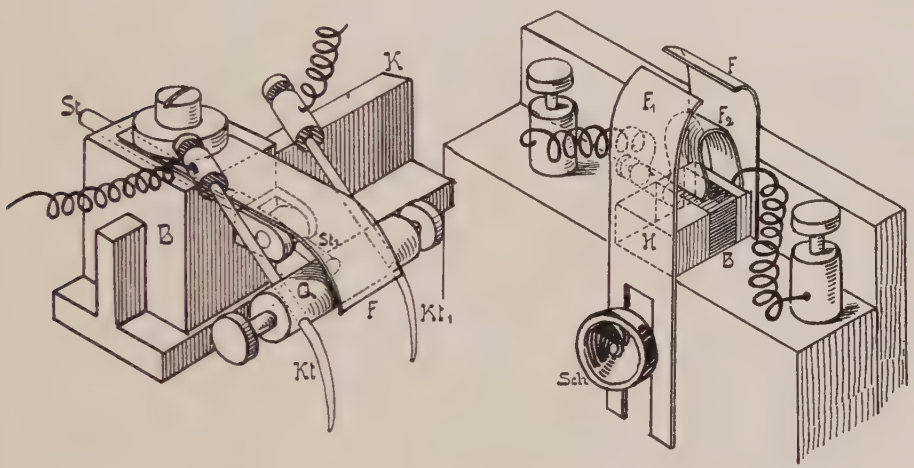


Fig. 215 u. 216. Oberer und unterer Kontakt des neuen Gedächtnisapparates.

etwa eine Farbe, ein bestimmtes Blau, auf dem Farbkreisel 180° Blau, 180° Grau. Nach einer Minute, nach einer Stunde oder am nächsten Tage gebe ich ein ähnliches Blau (200° Blau, 160° Grau) und frage, ob es dasselbe sei. Man sieht, die ganze Untersuchung läuft auf eine Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit hinaus, wobei die zu vergleichenden Reize zu verschiedenen Zeiten dargeboten werden. Die Urteilsabgabe erfolgt dabei aber unter ganz anderen Bedingungen. Während bei den eigentlichen Prüfungen der Unterschiedsempfindlichkeit ein wirkliches Vergleichen der beiden Farben in einem einheitlichen Vorgang stattfand, stützt sich in diesem Falle die Urteilsabgabe lediglich auf das Bekanntheitsgefühl. Je nachdem, ob es fehlt oder vorhanden ist, urteile ich. Man könnte der Meinung sein, daß wir schon bei dieser ersten Gedächtnismethode

mit unsrer Definition des Gedächtnisses in Konflikt geraten. Wo sind hier die beiden Elemente, die beim ersten Darbieten verknüpft werden?

Man merkt aber bei solchen Versuchen zunächst, daß die Gedächtnisleistung unter diesen Umständen eine minimale ist. Man kann sich mit Leichtigkeit zehn und mehr Worte merken, aber das Gedächtnis für eine Farbennuance reicht nicht von hier bis über die Straße, wo ich mir ein Tuch von bestimmter Farbe aussuchen will. Mit Kindern wird man nicht viel mehr erreichen, als daß sie morgen wissen, daß ihnen gestern ein Blau gezeigt worden ist, vielleicht „ein Hellblau" oder „ein Dunkelblau". Und da haben wir auch gleich das andere Bewußtseinselement, das mit der Farbe assoziiert wird und allein die Gedächtnisleistung ermöglicht: das Wort. Man merkt bei solchen Versuchen bald, daß man sich, um bessere Resultate zu erhalten, ein System von assoziierbaren Worten verschafft, also bei Helligkeitsprüfungen: Schwarz, grauschwarz, dunkelgrau, mittleres Grau, hellgrau, grauweiß, weiß. Durch ähnliche Mittel entwickeln dann z. B. Maler ein für den Laien unverständliches Farbengedächtnis.

Bei Prüfungen der Unterschiedsempfindlichkeit für Töne nach längeren Zwischenpausen kommen als assoziierbare Elemente die Innervationen unsrer Kehlkopfmuskulatur, also die Einstellung derselben auf den bestimmten Ton, in Betracht. Diese Innervation wird in vielen Fällen zu einem leisen Mitsummen des Tones führen.

Die Frage des absoluten Tongedächtnisses könnte durch Kinderuntersuchungen eine neue Beleuchtung erfahren. Es ist bis jetzt noch kein einwandfreies Material darüber beigebracht worden, ob und bis zu welchem Grade das absolute Tongedächtnis zu erziehen ist.

Als assoziierbare Elemente könnte man zunächst nur die Innervation der Kehlkopfmuskeln verwenden. Man gibt also heute das a und läßt es nun jeden Tag einmal reproduzieren. Aus den sämtlichen Fehlern muß man in der üblichen Weise die Mittelwerte berechnen und zusehen, ob nach einer bestimmten Zeit der Fehler geringer wird.

Man kann aber auch Elemente aus komplizierten Komplexen assoziieren. Also: Singe den ersten Ton von „Deutschland, Deutschland, über alles"! Das Verfahren ist im übrigen wie beim ersten Versuche. Jeden Tag zuerst die Reproduktion durch den Schüler, dann das Angeben der richtigen Tonhöhe durch den Lehrer als „Aufgabe für morgen".

b) Prüfung durch nicht kontinuierlich zu verändernde Reize.

Bernstein hat ein einfaches Verfahren zur Prüfung des Gedächtnisses von Geisteskranken angegeben, das auch bei Kindern gebraucht werden könnte.

Ein kleiner Apparat (Fig. 218 u. 219) mit auswechselbaren Gesichtsobjekten wird dem Kranken gezeigt. Nach einer bestimmten Zeit muß er aus der Tafel (Fig. 220), die dieselben Objekte und eine Anzahl ähnliche enthält, die herausuchen, die ihm seiner Meinung nach gezeigt worden sind. Er wird offenbar die herausgreifen, bei denen sich ein Bekanntheitsgefühl einstellt. Ist

Fig. 217. Gedächtnisprüfung.

nun die Vorstellung schon stark verändert, so wird er oft auch falsche Bilder nehmen.

Zur Untersuchung schwachsinniger Kinder wird diese einfache Methode mit Nutzen anzuwenden sein, namentlich zur Diagnose des Schwachsinns.

2. Reihenverknüpfung.

a) Wiedererkennungsmethode.

Auch bei längeren Reihen kann ich das Bekanntheitsgefühl zur Prüfung des Gedächtnisses verwerten. Ich kann mit dem Gedächtnisapparat eine Reihe

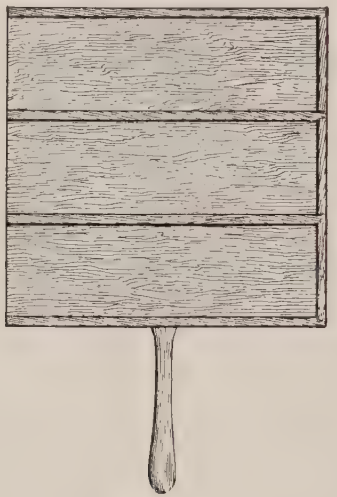


Fig. 218.

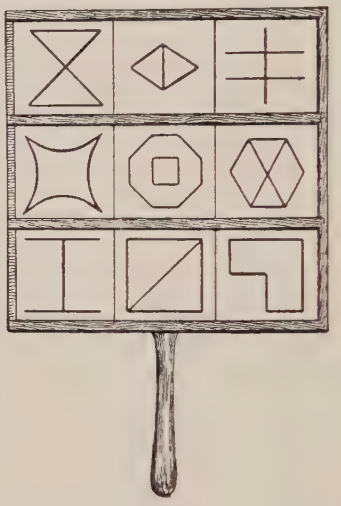


Fig. 219.

Fig. 218 u. 219. Gesichtsobjekt zur Untersuchung der Merkfähigkeit bei Geisteskranken nach Bernstein, A. (Zeitschr. f. Psychologie, XXXII, 1903. A. Barth, Leipzig.)

von acht oder zwölf Silben vorführen. Dann gebe ich eine andere Reihe, die der ersten völlig gleicht, bis auf zwei Silben, die man verändert hat. Nun wird die Versuchsperson bei jeder Silbe gefragt, ob sie ihr bekannt vorkommt. Aus der Richtigkeit der Urteile zieht man Schlüsse auf die Güte des Gedächtnisses.

Diese Methode, die, wie man sieht, auch zu den Wiedererkennungsmethoden gehört, ist bis jetzt allein mit diesem Namen bezeichnet worden.

Die Berechnung der Resultate der Wiedererkennungsmethode begegnet großen Schwierigkeiten. Es können zwei Fehler ganz verschiedener Art vorkommen. Die Versuchsperson kann eine neue Silbe als bekannt und eine alte als unbekannt bezeichnen. Es ist schwer, diese beiden Fehlerarten unter einem Gesichtspunkt zu vereinen.

b) Methode der identischen Reihen.

Um eine einheitliche Verrechnung zu ermöglichen, ist von Reuther*) die Methode der identischen Reihen ausgebildet worden. Der Versuchsperson wird gesagt, daß man bei den nachfolgenden Reihen manchmal hier und da ändert. Sie hat die Aufgabe, zu entscheiden, welche Silben alt und welche neu sind. In Wirklichkeit gibt man aber stets dieselbe Reihe. Sagt nun die Versuchsperson bei einer Silbe: „neu", so ist das Bekanntheitsgefühl noch nicht genügend stark ausgebildet. Kommen bei einer Reihe von acht Silben drei solcher Fälle vor, so kann man sagen, daß die Versuchsperson bis jetzt fünf Silben behalten hat. Hin und wieder werden wirklich neue Silben eingefügt, damit die Versuchsperson nicht hinter die Methode kommt**).

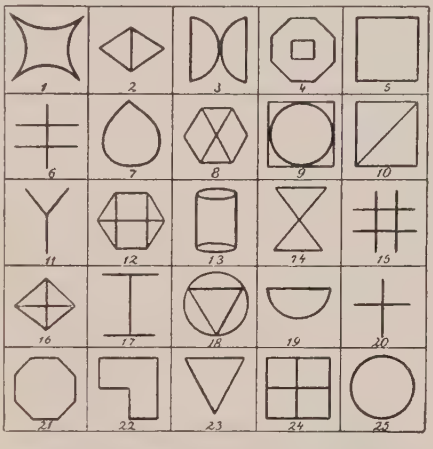


Fig. 220. Tafel zur Untersuchung der Merkfähigkeit bei Geisteskranken nach Bernstein, A. (Zeitschr. f. Psychologie, XXXII, 1903. A. Barth, Leipzig.)

Gegen diese Methode ist manches eingewendet worden. Da sie aber wichtige Resultate der Gedächtnisforschung bestätigt hat, die mit andern Methoden gewonnen worden sind, so scheint sie bei vorsichtiger Verwendung doch sehr brauchbar zu sein.

Besonders wichtig war z. B. das Ergebnis bei Änderung der Expositionsdauer. Die höchste Leistung wurde erreicht, wenn jede Silbe eine bestimmte Zeit, etwa 0,5 bis 0,6 Sekunde, vorgezeigt wurde. Bei schnellerer und bei langsamerer Darbietung wurde weniger gemerkt. Es gibt also für jeden Menschen ein bestimmtes, übrigens individuell verschiedenes Lerntempo. Durch Variieren der Zeit kann man das günstigste Lerntempo auch für die Kinder verschiedener Altersstufen, für Mädchen und Knaben, feststellen.

Bei Anwendung der Methode der identischen Reihen auf Kinderuntersuchungen wird es sich empfehlen, irgendeine andere (etwa eine Reproduktionsmethode) zum Vergleich heranzuziehen. Ganz allgemein wird das gleichzeitige Arbeiten mit zwei möglichst verschiedenen Methoden zu empfehlen sein, wenn man die Zuverlässigkeit der Methoden oder die Aussagen der Versuchsperson bezweifeln muß. Und der letztere Fall wird ja bei Kinderuntersuchungen häufig vorliegen.

*) Reuther, Beiträge zur Gedächtnisforschung. Psychologische Studien, Bd. I, W. Engelmann, Leipzig 1906.

**) Sobald die Versuchsperson das Wesen der Methode erkennt, müssen die Versuche eingestellt werden.

Geben in einem solchen Falle beide Methode ähnliche Resultate, zeigen z. B. beide das Überwiegen der Gedächtnisleistung in bestimmten Jahren, Volksschichten usw., so hat man mit der Prüfung zweierlei erreicht: Die Methoden und die Aussagen der Versuchspersonen müssen als zuverlässig gelten. Solche methodologische Untersuchungen sind also besonders zu wünschen.

IV. Reproduktionsmethoden.

Die Reproduktionsmethoden sind hauptsächlich auf die Erforschung der Gesetze des Gedächtnisses bei der Reihenbildung angewendet worden. Man gibt eine Reihe von Silben ein- oder mehreremal und fordert die Versuchsperson auf, die Reihe aus dem Gedächtnis zu wiederholen, durch Nachsprechen, Nachschreiben usw.

Dann wird eine bestimmte Anzahl von Silben „richtig" wiedergegeben. Wir haben schon hervorgehoben, daß es sich um eine wirklich genaue Wiedergabe des Eindrucks nicht handeln kann. Gebe ich z. B. mit Hilfe des Gedächtnisapparats sechs Silben von der Form lir, mab, pon usw., so ist keine Versuchsperson imstande, diese Silben genau wiederzugeben, also alle Buchstaben genau nach ihrer Größe und Form, nach ihrer Stellung und Entfernung usw. Auch beim Vorsprechen der Silben kann niemand Rhythmus, Tonfall, Aussprache der einzelnen Laute u. s. f. genau wiederholen. Was also bei einer Reproduktion als „richtig" angesehen wird, das unterliegt in jeder einzelnen Untersuchung der Konvention, der Übereinkunft. Bei den Prüfungen mit sprachlichem Material geht die Konvention z. B. zumeist dahin, daß die Wiedergabe als richtig anzusehen ist, wenn der Versuchsleiter aus dem nachgesprochenen Lautbild oder dem nachgeschriebenen Schriftbild die drei gegebenen Buchstaben noch erkennen kann. Untersuchen wir aber das Formengedächtnis, indem wir etwa geschrieben dargebotene Vorschriften exponieren und ein Nachschreiben verlangen, so kann außerdem — stets innerhalb gewisser Grenzen — eine bestimmte Annäherung an die dargebotene Form gefordert werden.

Von diesem Gesichtspunkt aus erledigt sich für uns auch die Fehlerfrage. Sind wir uns einmal darüber klar, daß wir bei der Bestimmung dessen, was als „falsch" und „richtig" zu gelten hat, einen gewaltsamen Einschnitt machen, so hat es keinen Sinn, mit Hilfe fein ausgeklügelter Systeme die Fehler einer Wertung zu unterziehen, also viertel, halbe, ganze Fehler usw. zu unterscheiden. Wir müßten dann auch die „richtigen" Urteile in verschiedener Weise werten, je nachdem der Laut bei der Reproduktion mehr dem vorgesprochenen entspricht oder nicht usw.

Wir haben also nur „richtige" und „falsche" Urteile zu unterscheiden. Das erleichtert die Untersuchung ungemein. Erscheint die besondere Betrachtung der Fehler angezeigt, so empfiehlt sich nicht ein quantitatives Verfahren (Wertung der Fehler), sondern ein qualitatives, eine Untersuchung der verschiedenen Fehlerarten, die unter Umständen wichtige psychologische und pädagogische Aufschlüsse geben kann.

1. Treffermethode.

Die Methode der Treffer verfährt in folgender Weise. Es werden etwa vierundzwanzig Silben hintereinander gelesen, aber so, daß immer die erste, dritte u. s. f. betont wird. Zur Prüfung nennt nun der Versuchsleiter die siebente Silbe, die Versuchsperson hat die darauffolgende achte aus dem Gedächtnis zu sagen. Nun nennt der Versuchsleiter die 21., die Versuchsperson aus dem Gedächtnis die 22. und so fort. Der Versuchsleiter nennt also in unregelmäßiger Folge alle betonten Silben, und die Versuchsperson hat die zugehörigen unbetonten zu finden. Hier wird also eigentlich die Grundtatsache des Gedächtnisses geprüft, die Assoziation zweier Elemente. Die Einzelassoziation kann in noch reinerer Form geprüft werden, wenn man jedesmal das erste und zweite, dritte und vierte Wort zusammen darbietet (Fig. 217). Beim Drehen des Apparates folgen beispielsweise folgende Paare:

Arzt	— tabib	Meer	— deniz
Kuh	— inek	Gift	— zehir
Nerv	— sinir	Ring	— jüzük*).

Nach einer Pause erscheint nun auf dem nächsten Blatt nur das Wort Arzt. Man fragt: Welches Wort stand darunter? Und so fort.

Man mache mit dieser Reihe folgenden instruktiven Versuch. Man instruiere die Kinder vor dem Versuch gar nicht, sondern sage nur: Paßt auf, hier werden Worte erscheinen! Nun läßt man die Doppelreihe ablaufen. Jetzt erscheint das Wort Arzt allein. Man fragt: „Welches Wort stand darunter?" Man wird die Beobachtung machen, daß fast nichts gemerkt worden ist. Aus den Mienen der Kinder aber wird man lesen: „Ja, das hätten Sie uns vorher sagen sollen, wie das gemeint war." Man sieht aus diesem Versuche nicht nur, daß die Aufmerksamkeit wesentlich zur Erhöhung der Gedächtnisleistung beiträgt, sondern auch, daß es notwendig ist, zu wissen, welche beiden Elemente verknüpft werden sollen. Das ist ein wichtiger Punkt für die pädagogische Zielsetzung.

Wiederholen wir jetzt den Versuch noch einmal, so merken die Kinder bedeutend mehr.

Die Treffermethode gestattet auch eine Prüfung der Reproduktionszeiten. Man kann mit den im nächsten Kapitel (J) beschriebenen Methoden die Zeiten messen vom Vorzeigen der Silbe durch den Versuchsleiter bis zum Reproduzieren der Silbe durch die Versuchsperson. Je schneller die Reproduktion erfolgt, desto fester sind die beiden Elemente assoziiert.

Für subtile Laboratoriumversuche ist diese Methode besonders geeignet.

*) Die Zusammenstellung ist von Ranschburg: Jedesmal ein deutsches und ein zugehöriges Wort einer fremden, möglichst unbekannten Sprache. Die Aufgabe ist also ungefähr gleich der beim Vokabellernen.

2. Methode der Gedächtnisspanne.

Die folgenden Methoden dienen ausschließlich der Untersuchung der Reihenbildung.

Die Methode der Gedächtnisspanne, besonders von amerikanischen Psychologen angewendet, ist sehr einfach. Man führt mit dem Gedächtnisapparat oder durch einfaches Vorsprechen zuerst drei Silben vor: ten, mab, lir. Nun werden sie nachgesprochen, ev. nachgeschrieben. Jetzt gibt man vier Silben: pon, sum, ral, dep. So fährt man fort. Auf diese Weise erfährt man bald, wieviel Silben die Versuchsperson mit einer Lesung merken kann.

Was wir hier prüfen, das ist nicht das dauernde Behalten, also die eigentliche Gedächtnisleistung, sondern nur das unmittelbare Behalten. Das zeigt sich schon darin, mit welcher Hast die Versuchspersonen die Silben reproduzieren. Tritt die geringste Störung ein, so ist alles verschwunden. Wir haben nicht eigentlich die Gedächtnisspanne, sondern die Aufmerksamkeitsspanne gemessen: die Anzahl von Elementen, die von der Aufmerksamkeit mit einem Schlage erfaßt werden können. Wir finden dann auch, dieser Auffassung entsprechend, daß, wie bei den tachistoskopischen Leseversuchen, hier meist fünf bis sechs oder sieben Silben erfaßt werden. —

Beträgt bei einer Versuchsperson die Aufmerksamkeitsspanne sieben, so erhält man bei einer Prüfung mit acht Silben merkwürdigerweise nicht etwa sieben, sondern meist bloß fünf oder gar vier. Bei diesen längeren Reihen machen sich die sogenannten rückläufigen Hemmungen geltend.

3. Methode der behaltenen Glieder.

Prüfe ich eine längere Reihe, vielleicht zwölf Silben, so besteht das einfachste Verfahren darin, daß ich nach jeder Vorführung das Kind aufsagen oder aufschreiben lasse, was es sich gemerkt hat, wobei auf die Reihenfolge der einzelnen Reproduktionen nicht besonderer Wert gelegt wird*).

Nach dieser Methode untersuchte Pohlmann unter anderem die Frage, ob eine gruppierte oder nicht gruppierte Reihe leichter gemerkt wird. Bei der nicht gruppierten Vorführung akustischer Reize wurden zwölf Silben gleichmäßig vorgelesen. Bei der gruppierten Vorführung wurde die zweite Silbe schwach betont, die vierte stark, die sechste schwach, die achte stark und so fort. Das Resultat sehen wir in Figur 221. Bei gruppierter Vorführung ist die Leistung besser (ausgezogene Linie), und zwar haben besonders die starkbetonten Silben gewonnen.

Bei nicht gruppierter visueller Vorführung wurden die zwölf Silben in einer Reihe an die Wandtafel geschrieben, bei gruppierter Vorführung in drei

*) Pohlmann, A., Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis. Gerdes und Hödel, Berlin 1906. — Pohlmann gibt eine gute Übersicht über die Methoden der Gedächtnisforschung.

Reihen, je vier Silben in eine Reihe. Hier ist die Gruppierung noch vorteilhafter als bei der akustischen Vorführung. Die achte Silbe wurde beispielsweise bei nicht gruppierter Vorführung (punktierte Linie in Fig. 222) nur in 35 Fällen gemerkt, bei gruppierter Vorführung in 56 Fällen.

Man sieht, von welcher Bedeutung die Gruppierung des Gedächtnismaterials ist.

Der Vergleich beider Figuren zeigt ferner die durchaus verschiedene Verteilung der Aufmerksamkeit bei akustischer und visueller Darbietung. Bei der akustischen Darbietung (mit oder ohne Gruppierung) erfaßt die Aufmerksamkeit mit gleicher Kraft die ersten und letzten Silben, die mittelsten Silben sind stark benachteiligt. Beim Vorsprechen eines Gedächtnisstoffes wird also der Lehrer besondere Mittel anwenden müssen, um die mittleren Elemente im Gedächtnis zu befestigen.

Dagegen sinkt bei der visuellen Vorführung (gruppiert oder nicht gruppiert) die Leistung von Anfang an, ohne sich am Schluß wesentlich zu heben. Wird also der Gedächtnisstoff visuell dargeboten, etwa von den Kindern gelesen, so muß der Lehrer die Mitte und das Ende der Reihe besonders einüben.

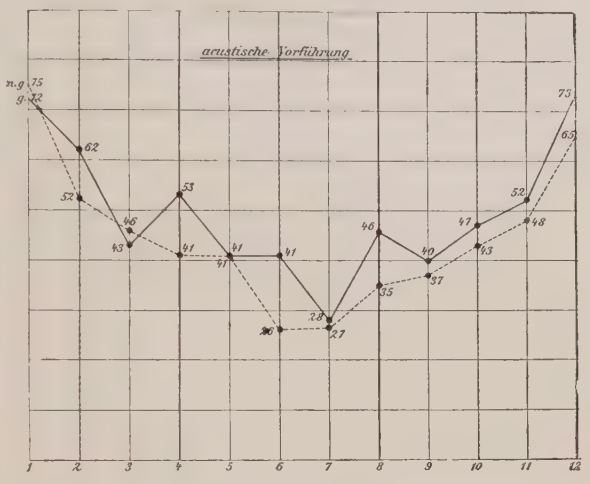


Fig. 221.

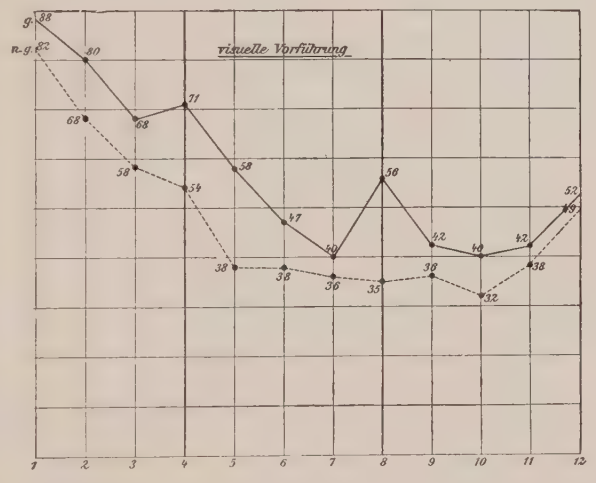


Fig. 222.

Fig. 221 u. 222. Einfluß der Gruppierung 12teiliger Reihen auf die Gedächtnisleistung.
Bei akustischer und visueller Vorführung.
(Aus: Lipmann, Besprechung von Pohlmanns experimentellen Beiträgen zur Lehre vom Gedächtnis. Zeitschr. f. Psychologie, XLIV, 1906. A. Barth, Leipzig.)

4. Hilfenmethode.

Die Methode der Hilfen, die von Ebbinghaus eingeführt worden ist*), verfährt in der Weise, daß zunächst dem Kind eine Reihe dargeboten wird. Nun wird es aufgefordert, die erste Silbe zu nennen, dann die zweite. Besinnt sich das Kind nicht auf die zweite Silbe, so sagt man sie ihm und fordert es auf, nun die folgende zu nennen. Jedesmal, wenn es nicht weiter kann, wird ihm eingeholfen. Die Zahl der „Hilfen" gibt die Zahl der vergessenen Glieder.

Die Hilfenmethode ist wenig angewendet worden, infolgedessen ist sie nicht so gut ausgebildet wie die andern Methoden und soll darum auch nicht ausführlich behandelt werden.

5. Erlernungsmethode.

Auch die Erlernungsmethode stammt von Professor Ebbinghaus. Mit seiner 1885 erschienenen Arbeit „Über das Gedächtnis" hat er sie begründet und damit die experimentelle Untersuchung des Gedächtnisses als erster in Angriff genommen. Wenn auch die Methode im einzelnen, namentlich durch die Untersuchungen von Müller, Schumann und Pilzecker weitergebildet worden ist, so ist doch Ebbinghaus' grundlegende Arbeit noch heute von Bedeutung und zum Studium der Gedächtnisforschung in erster Linie zu empfehlen. Es gibt wenig Monographien der experimentellen Psychologie, die sich so zur Einführung in die experimentelle Methode eignen, wie die kleine Schrift von Ebbinghaus.

Ebbinghaus benutzte als Maß der Gedächtnisleistung die Anzahl der Wiederholungen, die nötig sind, um eine längere Reihe zu lernen.

Er fand z. B., daß man sieben Silben bei zweimaliger Lesung lernt, 16 bei 30 Wiederholungen, 24 bei 44, 26 bei 55 Wiederholungen. Die Anzahl der Wiederholungen wächst also schnell, wenn die Zahl der Elemente steigt.

Als „gelernt" gilt eine Reihe, wenn sie einmal — oder zweimal hintereinander — ohne Fehler gesagt werden kann.

Radossawljewitsch**) hat nach derselben Methode das Gedächtnis von Kindern und Erwachsenen vergleichend untersucht. Er benutzte (nach dem Vorgange von Professor Müller) das Kymographion.

Radossawljewitsch ließ z. B. eine achtsilbige Reihe lesen. Die Versuchsperson war angewiesen, selbst zu melden, wenn sie meinte, daß sie die Reihe auswendig konnte. Bei diesem Versuche zeigte sich einmal in drastischster Weise die Notwendigkeit der Aufmerksamkeitsrichtung zum Zustandekommen einer Gedächtnisleistung.

---

*) Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie. Bd. I. Veit & Co., Leipzig 1905.

**) Radossawljewitsch, P., Dr., Das Behalten und Vergessen bei Kindern und Erwachsenen nach experimentellen Untersuchungen. I. Band der von Prof. Meumann herausgegebenen Monographien. O. Nemnich, Leipzig 1907.

Ein Ausländer nahm zum erstenmal an den Versuchen teil. Er las die Reihe 20-, 30-, 40-, 46 mal. Jetzt setzte Radossawljewitsch den Apparat in Ruhe und fragte den Fremden, ob er denn die Reihe immer noch nicht könne, worauf

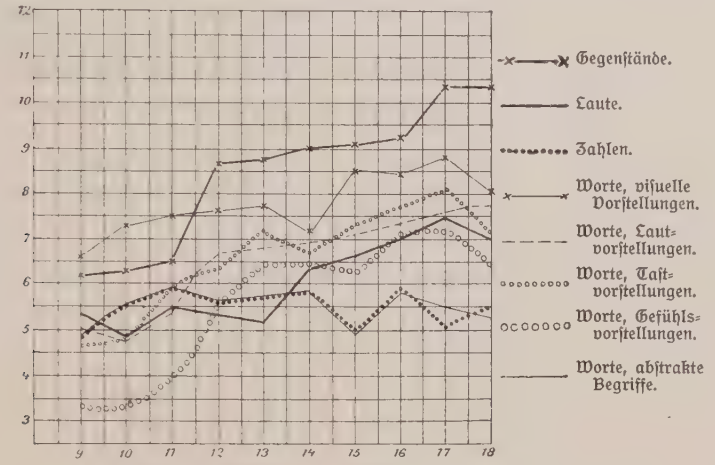


Fig. 223. Gedächtnis der Mädchen.

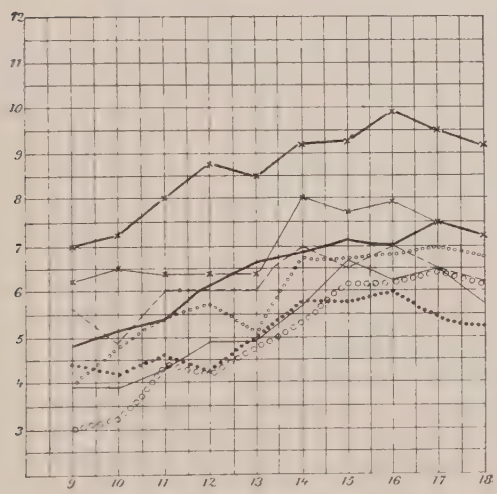


Fig. 224. Gedächtnis der Knaben.
(Aus: Netschajeff, Experimentelle Untersuchungen über die Gedächtnisentwicklung bei Schulkindern. Zeitschr. f. Psychologie, XXIV, 1900. A. Barth, Leipzig.)

er antwortete: „Was? Muß ich die Reihe auswendig lernen?" Er hatte die Instruktion nicht verstanden und infolgedessen fast nichts gemerkt. Nun lernte er die Reihe mit Leichtigkeit durch sechs neue Wiederholungen.

6. Ersparnismethode.

Habe ich mit Hilfe der Erlernungsmethode heute eine Reihe von 16 Silben gelernt, so werde ich sie morgen oder in einem Monat nicht mehr aufsagen können. Vielleicht kann ich mich auf keine Silbe mehr besinnen. Lerne ich aber die Reihe von neuem, so werde ich nicht so viel Lesungen brauchen wie beim erstenmal. Waren zuerst 30 Lesungen notwendig, so genügen jetzt vielleicht 20. Die Anzahl der Wiederholungen, die ich *erspare* — in dem angeführten Falle zehn — kann als Maß dessen benutzt werden, was noch im Gedächtnis haftete.

Die *Ersparnismethode*, in Ebbinghaus' Arbeit „Über das Gedächtnis" begründet, ist demnach eine Ergänzung der Erlernungsmethode, die eine Prüfung der Gedächtnisleistungen nach verschiedenen Zeitintervallen ermöglicht.

Ebbinghaus fand nach dieser Methode, daß das Vergessen zuerst sehr schnell, später nur langsam fortschreitet.

Die Erlernungsmethode im Verein mit der Ersparnismethode ist für pädagogische Untersuchungen in erster Linie zu empfehlen.

7. Rekonstruktionsmethode.

Die Rekonstruktionsmethode soll nur kurz erwähnt werden. Nachdem die Reihe gelesen worden ist, bekommt die Versuchsperson sämtliche gelesene Silben, auf kleine Zettel gedruckt, in die Hand und erhält die Aufgabe, die Zettel in der Reihenfolge zu ordnen, wie die Silben beim Lernen aufeinander folgten. Als Gedächtnisleistung wird hier also nur die *Ordnung* der einzelnen Elemente verlangt. —

Wir schließen das Kapitel der Gedächtnisforschung, indem wir die Leistungen der Spezialgedächtnisse — für Gegenstände, Laute usw. bei russischen Mädchen und Knaben (Fig. 223 u. 224) — wiedergeben*). Außer verschiedenen Einzelergebnissen tritt bei diesen Kurven die allgemeine Erscheinung hervor, daß bei Mädchen und Knaben zwischen dem vierzehnten und siebzehnten Lebensjahre ein Fallen der Gedächtnisleistung eintritt. Auch die deutschen Knaben zeigen nach Pohlmann das Maximum der Gedächtnisleistung im vierzehnten Jahre; die Seminaristen vom fünfzehnten bis zum zwanzigsten Jahre wiesen geringere Leistungen auf.

Doch ist die Frage, in welchem Lebensalter die besten Gedächtnisleistungen zu erzielen sind, noch nicht endgültig zu entscheiden, weil bei den Untersuchungen die Prüfungen des unmittelbaren und des dauernden Behaltens nicht immer

*) Netschajeff, Experimentelle Untersuchungen über die Gedächtnisentwicklung bei Schulkindern. Zeitschrift für Psychologie, herausgegeben von Ebbinghaus. A. Barth, Leipzig. Bd. XXIV, 1900. N. zeigte den Kindern 12 Gegenstände (Zeitung, Schlüssel, Laterne, Glas usw.) und ließ dann aufschreiben, was sie gemerkt hatten. In einer zweiten Reihe ließ er 12 Geräusche hören: Klingen eines Glases, Klopfen auf den Tisch usw., wobei die Kinder nicht sahen, wie der Laut hervorgebracht wurde. Dann kamen Worte, welche Zahlen, Gesichtsvorstellungen, Geräusche usw. bezeichneten.

scharf auseinander gehalten sind. Auch ist dringend zu wünschen, daß einmal ein und dieselben Kinder in verschiedenen Lebensaltern geprüft werden.

Ein interessantes Gegenstück zu dem beobachteten Maximum der Gedächtnisleistung in der Pubertätsperiode teilt Colegrove mit. Er ließ sich von seinen Versuchspersonen die erste, zweite und dritte Erinnerung ihres Lebens berichten und stellte fest, aus welchem Lebensjahr diese Erinnerungen stammten. Die erste Erinnerung einundzwanzigjähriger Jünglinge stammte beispielsweise durchschnittlich aus dem dritten Lebensjahre (ausgezogene Kurve in Fig. 225 bei 21), die zweite

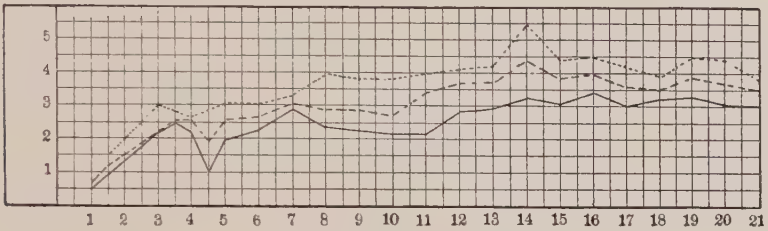


Fig. 225. Boys (Knaben).

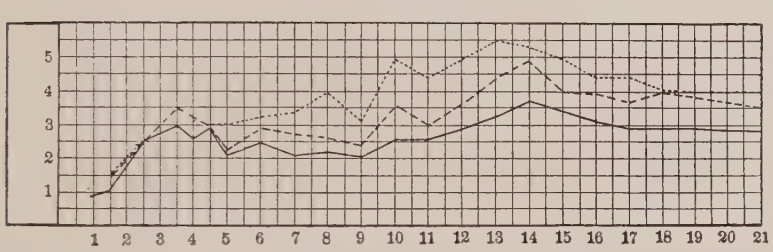


Fig. 226. Girls (Mädchen).

Fig. 225 u. 226. Die ersten Lebenserinnerungen in den verschiedenen Lebensaltern bei Knaben und Mädchen. (Nach: Colegrove, Memory, an Inductive Study, New York 1900.) Aus Hall, Stanley, Adolescence.

aus der Zeit zwischen drei und vier Jahren (gestrichelte Kurve bei 21). Bemerkenswert ist nun, daß mit vierzehn Jahren ein Wendepunkt eintritt. Um diese Zeit scheinen die ersten Lebenserinnerungen zu verblassen, um später wieder kräftiger zu werden. So stammt die erste Lebenserinnerung vierzehnjähriger Mädchen aus der Zeit von $3^3/_4$ Jahren, während sich siebzehnjährige bis zum dritten Jahr erinnern können u. s. f. (Fig. 226). Auch dieses Ergebnis ist allerdings einer Nachprüfung bedürftig.

Es ist aber zu hoffen, daß durch die Anwendung der experimentellen Methode in absehbarer Zeit die Gedächtnisentwicklung verschiedener Altersstufen, verschiedener Nationen und Rassen einer vergleichenden Betrachtung wird unterzogen werden können.

J. Apperzeptionsverbindungen.

I. Grundsätzliches über die experimentelle Untersuchung der Apperzeptionsverbindungen.

Viele Psychologen bezeichnen jede Verbindung von Bewußtseinselementen oder Vorstellungen als Assoziationen. Sie werden dabei aber nicht der Tatsache gerecht, daß sich einzelne dieser Verbindungen, die Apperzeptionsverbindungen, wesentlich von den andern unterscheiden, und zwar durch das mit ihrem Zustandekommen verbundene Gefühl der Tätigkeit, das bei jenen fehlt.

Wenn ich mich meinen Erinnerungen hingebe, so verbinden und lösen sich die Bewußtseinselemente scheinbar ohne mein Zutun, derselbe assoziative Verlauf tritt ein, wenn ich mich den Eindrücken der Außenwelt passiv hingebe. Ganz anders, wenn ich etwa zwei Dinge vergleiche, wenn ich Ähnlichkeiten und Unterschiede aufsuche. Bei diesem apperzeptiven Verlauf habe ich ein lebhaftes Gefühl des Tätigseins, das diesen Prozeß begleitet.

Wir kommen damit, wie man sieht, zu immer komplizierteren Verbindungen, in das Gebiet der Phantasietätigkeit und des Denkens.

Wundt hat in überzeugender Weise dargetan*), daß bei diesen komplizierten psychologischen Prozessen die experimentelle Untersuchung versagen muß, daß sie nur in Verbindung mit der Völkerpsychologie, durch vergleichende Betrachtungen über die Entstehung der Sprache, der Entstehungsweise der apperzeptiven Verbindungen nachgehen kann.

Für die Pädagogik aber können statistische Aufnahmen über die Anzahl der in einem bestimmten Vorstellungsverlaufe vorkommenden Assoziationen und Apperzeptionsverbindungen von größtem Werte sein. Psychologisch gewinnen wir auch mit diesen statistischen Aufnahmen natürlich gar nichts, sie sagen uns nichts über die Art und Entstehungsweise der Apperzeptionsverbindungen. Vielmehr setzt die Anwendung der statistischen Methode voraus, daß wir den Begriff der Apperzeptionsverbindung aus der Psychologie als fertigen Begriff entnehmen.

*) Wundt, W., Über Ausfrageexperimente und über die Methoden zur Psychologie des Denkens. Psychologische Studien, Bd. III. Engelmann, Leipzig 1907.

Für die Pädagogik aber ist es selbstverständlich von größter Bedeutung, zu erfahren, in welchem Maße auf den einzelnen Altersstufen, bei Knaben und Mädchen, die apperzeptiven Verbindungen oder die Assoziationen überwiegen.

Und einige der brauchbaren Methoden für solche statistische Untersuchungen sollen im folgenden beschrieben werden.

II. Tachistoskopische Versuche.

Professor Külpe*) stellte mit Erwachsenen folgenden Versuch an. Er gab seinen Versuchspersonen im Tachistoskop Gesichtsobjekte, von denen jedes aus vier sinnlosen Silben bestand. Jede von diesen vier Silben war mit anderer Farbe gedruckt. Außerdem standen die Silben bei jedem Versuch in anderer Lage zueinander, auch die Lage der Farbe wechselte. Bei jedem Einzelversuche wurden neue Silben verwendet. Die Expositionszeit betrug $^1/_5$ Sekunde. Külpe ließ nun zuerst ein solches Objekt betrachten und ließ die Versuchspersonen angeben, was sie gesehen hatten. Da haben wir einen der gewöhnlichen tachistoskopischen Versuche zum Messen des Aufmerksamkeits- und Bewußtseinsumfangs.

Die nächsten Versuche aber verliefen in anderer Weise. Die Versuchsperson wurde instruiert: Achten Sie besonders auf die Farbe der Silben! Die Prüfung ergab, daß diesmal die Farben genauer erfaßt wurden. Es zeigt sich hier die Wirkung der abstrahierenden Tätigkeit. Wir sind imstande, in einer komplizierten Gesamtvorstellung willkürlich einzelne Elemente herauszuheben. Diese Tatsache bezeichnen wir eben mit dem Namen Abstraktion.

Stellen wir denselben Versuch mit Kindern an, so läßt sich durch Vergleich mit den bei Erwachsenen erhaltenen Resultaten nachweisen, ob und in welchem Maße die Kinder verschiedener Stufen der Abstraktion fähig sind. Sollte sich zeigen, daß bestimmte Elemente — etwa die Farben — sich dem Kinde so aufdrängen, daß die Instruktion, die Form zu erfassen, ohne nennenswerte Wirkung auf das Ergebnis bleibt, so ist das Kind nur einer geringen Abstraktion fähig.

In ähnlicher Weise könnten statistische Erhebungen über andere apperzeptive Funktionen angestellt werden. Bei der tachistoskopischen Darbietung des in Figur 227 abgebildeten Objekts kann man die Aufgabe stellen, darauf zu achten, ob gleiche Figuren vorhanden sind. Die Anzahl der richtigen Beobachtungen gibt uns einen Anhaltspunkt dafür, mit welcher Leichtigkeit die Versuchsperson ein Gleichheitsurteil abgibt.

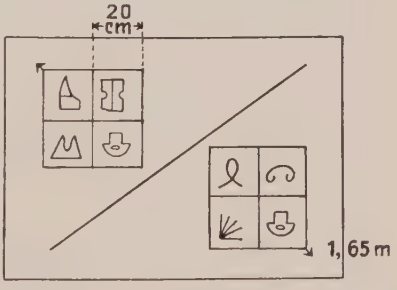


Fig. 227. Gesichtsobjekt zur Untersuchung der Entstehung des Gleichheitsurteils. (Aus: Grünbaum, A., Über die Abstraktion der Gleichheit. Archiv f. d. ges. Psychologie, Bd. XII. W. Engelmann, Leipzig 1908.)

*) Külpe, O., Versuche über Abstraktion. Sonderabdruck aus dem Bericht über den 1. Kongreß für experimentelle Psychologie in Gießen vom 18. bis 21. April 1904. A. Barth, Leipzig.

III. Statistik des Vorstellungsverlaufs.

1. Freie Reproduktion.

Bei der früher erwähnten Statistik der Vorstellungen*) handelt es sich um den Inhalt der vorhandenen Vorstellungen, hier aber lediglich um die Art ihrer Verknüpfung.

a) Normaler und anormaler Vorstellungsverlauf.

Der normale Vorstellungsverlauf der Erwachsenen, wie er namentlich im sprachlichen Ausdruck sich darstellt, ist durch das Überwiegen der Apperzeptionsverbindungen charakterisiert. Sobald die reinen Assoziationen das Übergewicht erhalten, so müssen wir auf einen anormalen Zustand schließen.

Was ein Vorstellungsverlauf ohne apperzeptive Verbindungen bedeutet, das sehen wir an folgender „Rede" einer Geisteskranken**):

Englein, Klänglein, Zänglein, Tenglein, Benglein . . . aber Geschwisterliebe, die ist trübe, die ist Vossius, Mossius, Kossius, Küssius, Küsse, das sind keine Küsse, das sind Schlüsse, keine Schlüsse, sondern Flüsse . . . Aber gerüstet muß man sein, gerüstet im Herzen, Herzen, Herzen, vier Herzen und fünf Lämmer, ein Herz und kein Kämmer. Und schämen, schämen, wir sind beschämt . . .

Auffallend sind hier die sogenannten Perseverationen, das Beharren von Vorstellungen, die immer wiederkehren, ferner die reinen Wort-, Klang- und Reimassoziationen und die Assoziationen nach grammatischen Kategorien („schämen, schämen, wir sind beschämt"). Dagegen fehlen beinahe völlig sinnvolle „Beziehungen".

Ganz ähnlich gestaltet sich das Zeichnen solcher Kranken, wenn die apperzeptive Tätigkeit ausgeschaltet ist. Der Kranke, der die Figur 228 geliefert hat, wollte ein Pferd mit Reiter zeichnen. Wir sehen, was daraus geworden ist. Er war nicht imstande, die Gesamtvorstellung in ihre einzelnen Teile zu zerlegen und durch die Zeichnung wieder zusammenzusetzen***).

Stelle ich nun einem solchen Kranken die Aufgabe, auf ein ihm zugerufenes Wort das nächste Wort oder die nächsten ihm einfallenden zu nennen, so wird ein ähnliches beziehungsloses Gerede herauskommen.

Das Nachzeichnen von vorgezeichneten Formen gelingt den Geisteskranken zuweilen, wenn sie sich in dem Zustand der sogenannten Befehlsautomatie befinden, wobei sie automatisch alles nachahmen. Aber die Leistung kommt nur dann zustande, wenn es dem Kranken gelingt, die Form gewissermaßen „auf

*) Vgl. Seite 76.

**) Aus Aschaffenburg, G., Experimentelle Studien über Assoziationen. Psychol. Arbeiten, herausgeg. von Kraepelin, Bd. II, 1899.

***) Man vergleiche dazu die Kinderzeichnung Figur 198, wie hier ein viel schwierigerer Komplex von Vorstellungen und Beziehungen ganz einwandfrei zur Darstellung kommt, wenn wir von den Formfehlern absehen.

Fig. 228. Zeichnung eines Geisteskranken.
„Die zunächst vorhandene Vorstellungsgruppe ist ein Pferdeleib mit Reiter, Steigbügel, Sporen und was sonst noch zu einem solchen Komplex gehört. Aber nur ein Teil des Leibes und zwei Beine werden ausgeführt, dann drängen sich andere Vorstellungen aus der Tierreihe, resp. aus dem Gespensterreich dazwischen, und so kommt an Stelle des Pferdekopfes ein Schlangenkopf, an Stelle des sitzenden Menschen ein im Leib des Pferdes liegender Geist, an Stelle der Sporen des Reiters eine an dem Bein des Pferdes sich festsetzende gespornte Maus.“ (Aus: Mohr, Dr., Über Zeichnungen von Geisteskranken und ihre diagnostische Verwertbarkeit. Journal für Psychologie und Neurologie, Bd. 8, 1906—1907. A. Barth, Leipzig.)

einen Zug" zu erfassen (Fig. 229). Charakteristisch ist dabei, daß dann die Ausführung blitzschnell erfolgt.

Dagegen sehen wir in Figur 230 ein ganz anderes Bild. Der Kranke, der nicht im Zustand der Befehlsautomatie war, ist nicht imstande, die in a vorgezeichnete Form automatisch nachzufahren. Ein Gesunder würde nun diese Form mit Leichtigkeit durch apperzeptive Verbindungen (Gleichheit der drei Bogen) beherrschen. Davon ist bei dem Epileptiker keine Rede. Der erste Bogen gelingt leidlich, dann aber treten andere Assoziationen von Bewegungsempfindungen, vielleicht auch unkontrollierbare Vorstellungen auf, und es entsteht ein wirres Durcheinander von Linien.

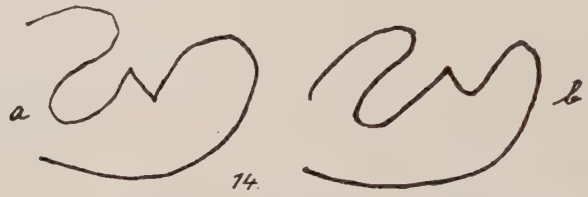


Fig. 229. Motorische Leistung eines Geisteskranken im Zustand der Befehlsautomatie.
„Aufgefordert, Fig. a nachzuzeichnen, fuhr er zuerst einige Male mit dem Stift in der Luft umher, setzte dann an und zeichnete mit einer geradezu erstaunlichen Geschwindigkeit die Figur b nach."
(Aus: Mohr, Dr., Über Zeichnungen von Geisteskranken und ihre diagnostische Verwertbarkeit. Journal für Psychologie und Neurologie, Bd. 8, 1906—1907. A. Barth, Leipzig.)

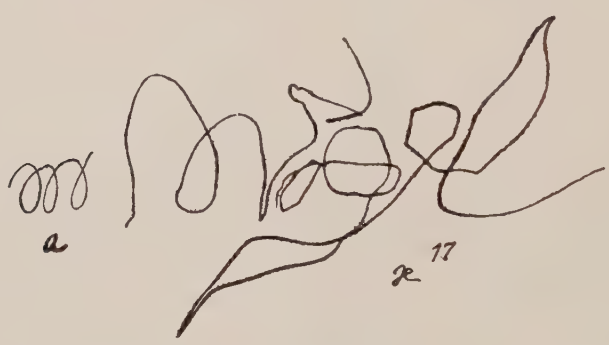


Fig. 230. Zeichnung eines epileptischen Knaben.
(Aus: Mohr, Dr., Über Zeichnungen von Geisteskranken und ihre diagnostische Verwertbarkeit. Journal für Psychologie und Neurologie, Bd. 8, 1906—1907. A. Barth, Leipzig.)

b) Versuchsmethode.

Die anzuwendenden Versuchsmethoden sind in unsern Erörterungen über den Vorstellungsverlauf bei Geisteskranken schon angedeutet worden.

Man ruft der Versuchsperson ein Wort zu und fordert sie auf, sofort das nächste Wort zu sagen oder aufzuschreiben, das ihr einfällt. Das Aufschreiben-

lassen einer ganzen Reihe von Worten ist weniger zu empfehlen, weil dadurch die vergleichende Betrachtung erschwert wird. Denn jedes einzelne Kind wird natürlich die Vorstellungen nach einer besonderen Richtung hin ausspinnen.

Auch für diese Versuche ist, wenigstens für größere Kinder, die visuelle Darbietung (mit dem Gedächtnisapparat) vorzuziehen, namentlich, wenn der Versuchsleiter die Kinder nicht kennt.

Hat man nun eine große Anzahl solcher Versuche angestellt, so untersucht man, wieviel reine Klangassoziationen, wieviel Assoziationen nach den Kategorien der Unter- und Überordnung der Begriffe erfolgten, ob Perseverationen auftraten usw. Außerdem kann man untersuchen, ob mehr Individual- oder mehr Allgemeinvorstellungen auftreten u. s. f.

Um nur einige Ergebnisse hervorzuheben: Kinder assoziieren mehr Sachvorstellungen, wenig Wortvorstellungen, mehr Individual- als Allgemeinvorstellungen. Die gut begabten Kinder tun sich durch einen Reichtum von Individualvorstellungen hervor, nicht etwa durch Allgemeinvorstellungen, Begriffe.

Bei schwachen Kindern treten häufig Perseverationen auf. So berichtet Meumann*) von einem zehnjährigen Schweizer Jungen, der auf das Wort „blitzen" mit „fest" (im Züricher Dialekt „fescht", soviel wie sehr) assoziierte. Bei den nachfolgenden Verben ging das nun so weiter, also „arbeiten": fescht arbeiten, „schlagen": fescht schlagen u. s. f.

Auch reine Klangassoziationen treten bei Schwachen häufiger auf, also schreiben — schreibt, aufmerken — aufmerksam usw.

Den Unterschied zwischen Apperzeptionsverbindung und reiner Assoziation belegt Meumann schön mit folgendem Beispiel von zwei Knaben**).

blitzen — Abkühlung. blitzen — fescht.

Interessant wäre ein Vergleich der Vorstellungsverbindungen in der Mundart und im Hochdeutsch, namentlich bei den Kindern, die sich außerhalb der Schule ausschließlich der Mundart bedienen. Aus dem Vergleich wäre zu ersehen, welchen Einfluß der Schulunterricht auf den Reichtum, die Art und — wenn man die im nachfolgenden zu erwähnenden zeitmessenden Versuche benutzt — die Leichtigkeit des Vorstellungsverlaufes ausübt***).

Besondere Erwähnung verdient ferner die von Groos†) ausgebildete Methode, die ebenfalls zu einer Statistik der Vorstellungsverbindungen führt. Er legte Erwachsenen und Kindern Sätze vor wie den folgenden: „Eine Kugel zerschmetterte die Lampe" oder: „Wir machten uns frühmorgens auf den Spaziergang." Die Versuchspersonen wurden nun aufgefordert, eine Frage zu stellen. Also etwa: „Woher kam die Kugel?" oder: „Wohin gingen wir?" Die er-

*) Meumann, E., Intelligenzprüfungen an Kindern der Volksschule. Die experimentelle Pädagogik, Bd. I. Nemnich, Leipzig 1905.

**) Meumann a. a. O.

***) Bei den Mundartversuchen müßte natürlich auch das Reizwort in der Mundart zugerufen werden.

†) Groos, K., Experimentelle Beiträge zur Psychologie des Erkennens. Zeitschrift für Psychologie, Bd. XXIX, 1902. A. Barth, Leipzig.

haltenen Fragen kann man nun nach bestimmten Kategorien einteilen, also: Fragen nach räumlichen, zeitlichen, kausalen Beziehungen.

Groos fand unter anderem, daß Fragen nach den kausalen Beziehungen vom zwölften bis zum siebzehnten Lebensjahre beständig an Anzahl zunehmen (von 32 bis zu 53 % aller Fragen), daß die Frage nach den räumlichen Beziehungen bei Kindern häufiger war als bei den Studenten, die Frage nach den zeitlichen Beziehungen seltener. —

Am Schlusse dieses Abschnitts soll noch einmal darauf hingewiesen werden, daß neben den statistischen Methoden die vergleichende Betrachtung von Kindersprache und Kinderzeichnung die reichste Ausbeute für die psychologische Analyse der kindlichen Vorstellungsverbindungen verspricht. Eine systematische Erforschung der Sprache des Schulkindes ist bis jetzt kaum angebahnt worden, ist die Sprache des Schulkindes doch bisher fast nur unter dem Gesichtspunkt der „Fehlerhaftigkeit" betrachtet worden.

Die Psychologie der Kinderzeichnungen hat sich vorwiegend mit den rein formalen Problemen der Einordnung des Bildes in die Fläche beschäftigt. Namentlich über die Gliederung von Gesamtvorstellungen — „Zeichne eine Wohnstube!" — werden sie willkommenen Aufschluß geben.

2. Gebundene Reproduktion.

Die apperzeptive Seite des Vorstellungsverlaufs tritt noch klarer hervor, wenn bei den Reproduktionsversuchen bestimmte Aufgaben gestellt werden, etwa die, zu einem Reizwort den übergeordneten Begriff zu suchen. Die Ergebnisse der Versuche lassen sich bei dieser Methode noch besser vergleichen als bei der vorigen. An der Zahl der gelungenen Reaktionen erhalten wir ein direktes Maß für die Leichtigkeit, mit der die betreffende Verbindung ausgeführt wird. Auf diese Weise kann man alle Arten der apperzeptiven Verbindung systematisch durchprüfen, indem man z. B. folgende Aufgaben stellt: Suche den übergeordneten, den nebengeordneten, den untergeordneten Begriff u. s. f. Selbstverständlich ist es notwendig, die Aufgabe den Kindern in elementarer Weise zu erläutern und sie in einigen Vorversuchen einzuüben.

Die Versuche mit gebundener Reproduktion sind für die Pädagogik von großer Wichtigkeit, da ja jede Aufgabe, jede Frage, sobald sie in der bestimmten *Form* einer Aufgabe an das Kind herantritt, eine gebundene Reproduktion erfordert.

Es wird z. B. von großer Wichtigkeit sein, festzustellen, welche Resultate bei *engerer* und *weiterer* Fassung der Frage erzielt werden, auf welchen Altersstufen diese oder jene Form der Frage den Vorzug verdient.

IV. Statistik der Reproduktionszeiten.

Wenn es uns gelingt, die Reproduktionszeiten — bei freier und gebundener Reproduktion — zu messen vom Zurufen des Reizes bis zum Aussprechen des reproduzierten Wortes, so haben wir ein neues Maß für die Leichtigkeit, mit

der sich die einzelnen Verbindungen, Assoziationen und Apperzeptionsverbindungen vollziehen. Denn es darf wohl ohne weiteres angenommen werden, daß im allgemeinen die schneller verlaufende Reproduktionsform die leichtere ist.

Solche Versuche sind tatsächlich angestellt worden. Sie haben unter anderem ergeben, daß die Reproduktionszeiten bei Kindern bedeutend länger sind als bei Erwachsenen*), bei freier Reproduktion brauchen Erwachsene $^1/_2$ bis 1 Sekunde, bei Kindern dauert die Zeit bis 5 und 10 Sekunden. Nach Ziehen**) haben Wortreaktionen kürzere, Reaktionen mit Sachvorstellungen längere Zeiten.

Bei der Einübung zeigt sich, daß die Geschwindigkeit zuerst sehr rasch, dann nur noch langsam zunimmt***).

Bei gebundener Reproduktion treten je nach der Schwierigkeit der Aufgabe verschieden lange Reaktionszeiten auf. Watt†) stellte folgende Aufgaben:

I. Einen übergeordneten Begriff zu finden.
II. Einen untergeordneten Begriff zu finden.
III. Ein Ganzes zu finden.
IV. Einen Teil zu finden.
V. Einen koordinierten Begriff zu finden.
VI. Einen koordinierten Teil zu finden.

Aufgabe VI, einen koordinierten Teil zu finden, und II, einen untergeordneten Begriff zu finden, erforderten die längsten Zeiten: 1,5 bis 1,8 Sek. Aufgabe I, III, IV und V brauchten nur 1,2 bis 1,4 Sek., waren also leichter.

Watt††) hat noch eine zweite zeitmessende Methode angegeben.

Er stellt eine ganze Reihe von Reproduktionsversuchen hintereinander an. Er ruft der Versuchsperson jetzt ein Wort zu, nach vier Sekunden wieder eins u. s. f. In der Zwischenzeit muß jedesmal die Reproduktion erfolgen. Diese Zwischenzeit wurde nun verkürzt. Watt ging auf drei, zwei, eine und unter eine Sekunde Zwischenzeit herab. Es wurde dabei untersucht, wieviel richtige Reproduktionen bei jeder Zwischenzeit für eine bestimmte Aufgabe zu verzeichnen waren.

Die Verringerung von vier bis zwei Sekunden bedeutete fast keinen Unterschied, im ersten Fall waren 19, im letzten noch 17 richtige Reproduktionen. Etwa von $1^1/_2$ Sekunde an aber zeigte sich ein starkes Fallen der Leistung.

Diese Methode ist zwar viel einfacher, aber natürlich auch nicht so exakt wie die erste.

*) Meumann, Vorlesungen usw.

**) Ziehen, Th., Die Ideenassoziation des Kindes. Berlin 1898.

***) Watt, H., Über Assoziationsreaktionen, die auf optische Reizworte erfolgen. Zeitschrift für Psychologie, Bd. XXXVI, 1904. A. Barth, Leipzig.

†) Watt, H., Experimentelle Beiträge zu einer Theorie des Denkens. Archiv für die ges. Psych., IV, 1905.

††) Watt, H., Über den Einfluß der Geschwindigkeit der Aufeinanderfolge von Reizen auf Wortreaktionen. Archiv für die ges. Psychologie, IX, 1907.

V. Methodik der Zeitmessung bei Reproduktionsversuchen.

1. Graphische Mehtode.

Die Zeitmessung bei Reproduktionsversuchen ist prinzipiell nichts anderes als das Verfahren bei einfachen Reaktionsversuchen*).

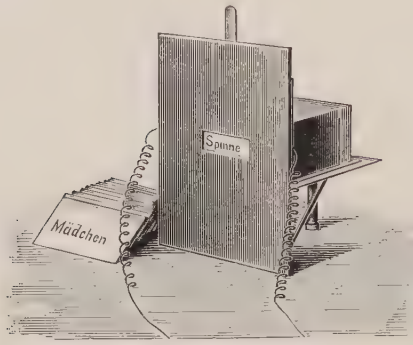


Fig. 231. Optischer Reizapparat (nach Alber).

Wir können darum auch hier die graphische und die registrierende Methode benutzen.

Wir gehen aus von der graphischen Methode, und zwar von dem speziellen Fall, daß die Darbietung des Reizwortes visuell erfolgen soll. Wir müssen demnach auf dem Kymographion zwei Momente verzeichnen: das Sichtbarwerden des Reizwortes und das Aussprechen des reproduzierten Wortes durch die Versuchsperson.

Zur Darbietung des Reizwortes bedienen wir uns des Gedächtnisapparates (Fig. 213, 214 u. 217). An den Taschen (T, T_1 u. T_2) des Apparates sind oben kleine Silberbleche (S) angeordnet, auf denen zwei Stifte (Kt) schleifen, die in Figuren 214 und 215 zu sehen sind. Zu diesen Stiften kann man Kupferdrähte führen (Fig. 213). Die Silberbleche sind nun abwechselnd mehr nach rechts und nach links zu angeordnet. Bei der einen Tasche treffen infolgedessen beide Stifte das Silberblech, bei der nächsten nur einer u. s. f. Ich stelle nun den Apparat so ein, daß nur ein Stift das Blech der Tasche berührt, die gerade sichtbar ist. In diese Tasche hat man ein unbeschriebenes Blatt gelegt. Nun läßt man den Apparat laufen. In dem Augenblicke, wo oben die Tasche abgleitet, erscheint die nächste Tasche, die das Reizwort zeigt. In demselben Augenblicke aber berühren beide Stifte das Silberblech der neuen Tasche,

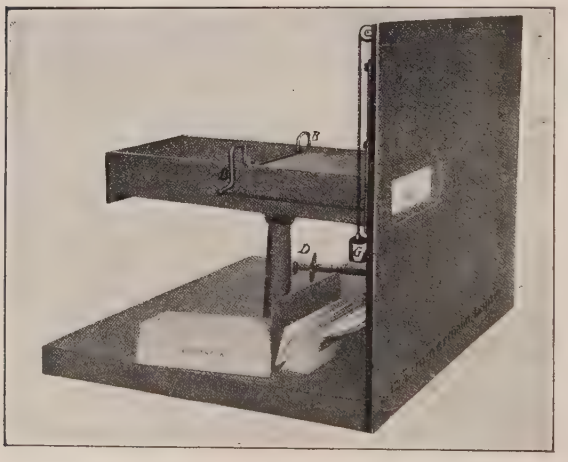


Fig. 232. Kartenwechsler von Minnemann.

*) Vgl. Seite 134.

und ein Strom, den ich durch den Draht schicke, kann von dem einen Stift durch das Silberblech nach dem andern hinüber. Der Strom ist also jetzt geschlossen, und zwar genau in dem Augenblicke, wenn das Reizwort erscheint. Schalte ich in diesen Stromkreis einen Markiermagnet ein, wie später genau beschrieben wird, so wird also im Augenblick des Sichtbarwerdens des Reizwortes auf dem Kymographion ein Zeichen abgesetzt*).

[Es gibt auch noch andere Apparate, die dieselbe Aufgabe lösen, beim Erscheinen des Reizwortes einen Strom zu schließen. Ich erwähne den Reizapparat von Alber (Fig. 231). Eine Karte wird durch einen Hebel nach unten gedrückt, wobei gleichzeitig ein Kontakt geschlossen wird. Jedesmal beim Erscheinen eines neuen Wortes erfolgt also Stromschluß. Ähnlich ist der Kartenwechsler von Minnemann (Fig. 232) konstruiert.]

Wir brauchen nun ein zweites Zeichen, um den Moment aufzuschreiben, in dem die Versuchsperson das reproduzierte Wort ausspricht. Wir müssen also einen Apparat haben, der den vom Gedächtnisapparat geschlossenen Strom durch das Aussprechen des Wortes wieder öffnet. Das leistet der in Figur 233 schematisch dargestellte Schallschlüssel von Hempel. Der vom Gedächtnisapparat kommende Strom geht nach der Klemme e, durch das dünne Stahlblech i nach dem Metallstreifen d, der in ein rundes Hornblättchen c eingelegt ist, das bei g eine Nase trägt und das sich um seine Achse sehr leicht dreht. Die Nase hat

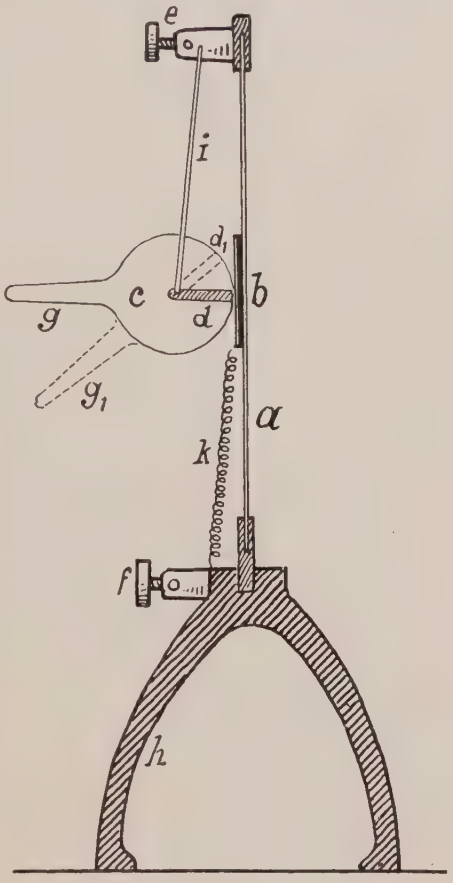


Fig. 233. Prinzip des Hempelschen Schallschlüssels.

*) Ganz genau stimmt das nicht. Es verfließt ja eine bestimmte Zeit, bis das Blatt heruntergefallen ist. Dann erst aber sieht man das Wort. Da es sich bei uns um Vergleichung von Zeiten handelt, so kann die konstant bleibende Zeit des Fallens der Blätter vernachlässigt werden. Will man diese Zeit doch prüfen, so benutzt man den zweiten, unten angeordneten Kontakt (Fig. 216). Durch das Fallen des Blattes werden unten zwei Bleche (F_2 u. B) in momentane Berührung gebracht. Man leitet einen zweiten Strom durch einen zweiten Schreiber. Die Zeitdifferenz zwischen den Zeitmarken des ersten und zweiten Schreibers ist die Zeit des Fallens. Sie muß von der Reproduktionszeit abgezogen werden.

die Tendenz, durch ihr Gewicht nach unten zu gehen, wird aber daran gehindert, weil das Hornblättchen c mit der geringen Kraft der Feder i an das Stahlblech b antrifft, das an einer runden Glimmerplatte a befestigt ist*). Der Strom kann also weiter nach b, durch die dünne Drahtspirale k nach der Klemme f und von da zum Markiermagneten. Der Mund der Versuchsperson befindet sich vor der Glimmerplatte. Sobald sie das reproduzierte Wort ausspricht, gerät die Glimmermembran in Schwingungen, infolgedessen löst sich c von b, und die Nase g geht nach unten (g_1), so daß der Metallstreifen d nach d^1 zu stehen kommt. Infolgedessen ist der Kontakt bei b aufgehoben, denn wenn auch bei den weiteren Schwingungen der Membran b wieder an c antrifft, so trifft das Metallblech b doch jetzt immer nur an die Hornteile, die nicht leiten. Es wird auf diese Weise also wirklich beim Aussprechen des reproduzierten Wortes der Strom unterbrochen (vgl. auch Fig. 234).

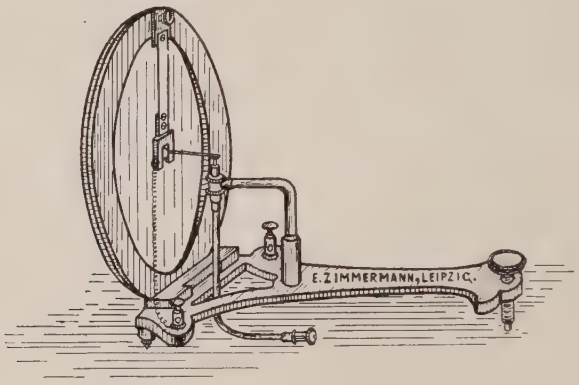


Fig. 234. Schallschlüssel (nach Hempel).

Die ganze Versuchsanordnung zeigt Figur 235**). Der Strom geht vom Element zum Gedächtnisapparat, dann zum Schallschlüssel, zum Markiermagnet und zum Element zurück. Die Apparate können auch in beliebiger anderer Ordnung hintereinander geschaltet werden. Unter dem Markiermagnet schreibt der Jaquetsche Chronograph***), den man Fünftelsekunden aufschreiben läßt.

*) Ist die Reibung bei b zu gering, so daß die Nase g von selbst, ohne Hineinsprechen in den Apparat, nach unten fällt, so muß man den ganzen Apparat durch Drehung an den Standschrauben der Füße, die nicht mit gezeichnet sind, nach rechts neigen, damit c stärker an b andrückt. Ist der Druck zu stark, so daß die Nase auch bei starkem Sprechen nur unsicher reagiert, so muß man den Apparat nach links neigen.

**) Der bei dieser Aufnahme benutzte Schallschlüssel war von der Firma E. Zimmermann, Leipzig, zur Verfügung gestellt, ebenso das Chronoskop in Figur 250.

***) Anstatt des Chronographen kann man auch das Metronom (Fig. 58) gebrauchen. Man benutzt nur den +- und den oberen —-Draht, der zweite —-Draht bleibt weg. Man braucht ein zweites Element und einen zweiten Markiermagneten, der unter dem ersten schreibt. Stromweg: Element, Metronom, Markiermagnet, Element.

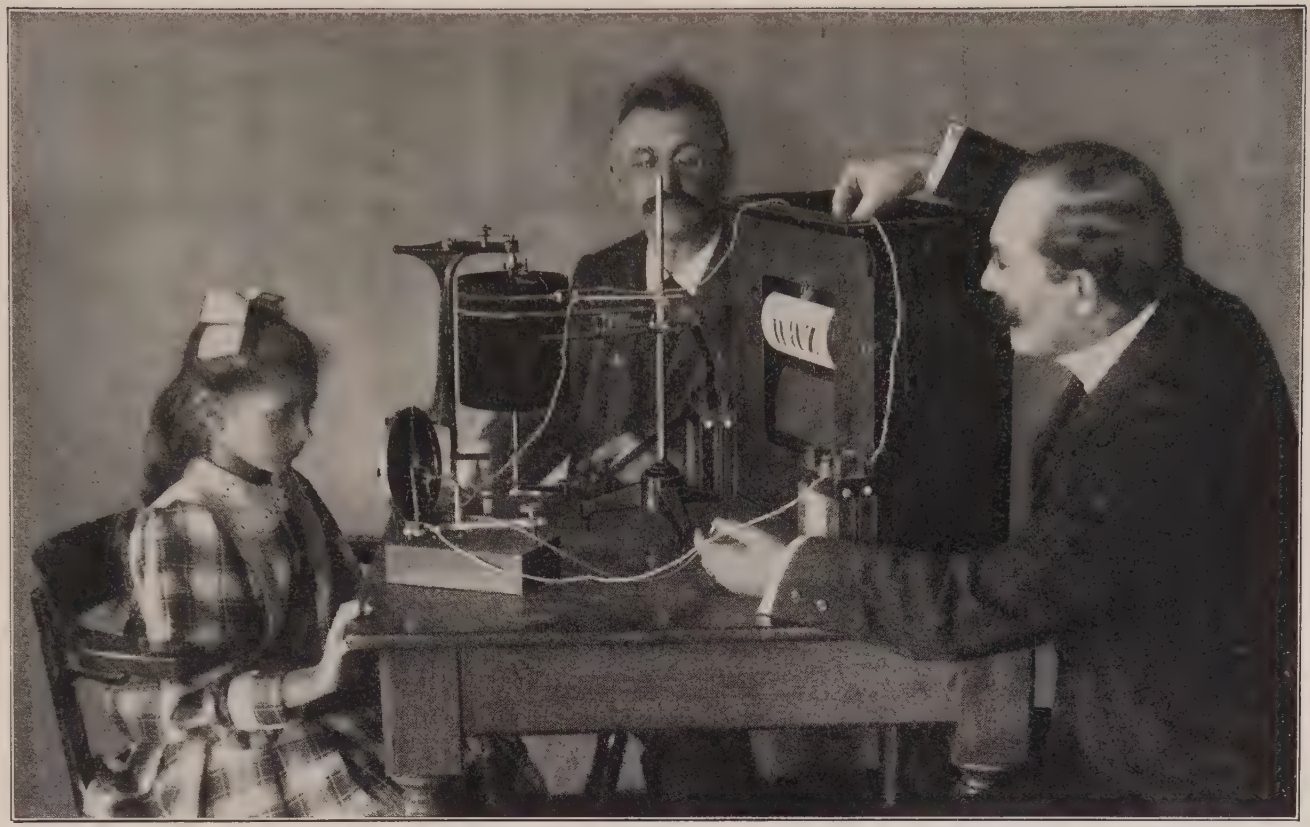


Fig. 235. Verſuchsanordnung zur Meſſung von Reproduktionszeiten bei graphiſcher Regiſtrierung.

1. Erkennungszeiten.

Fig. 236. Waſſer — Waſſer: 0,8 Sek.

Fig. 237. Ofen — Ofen: 0,9 Sek.

Fig. 238. Abend — Abend: 1,0 Sek.

2. Freie Reproduktion.

Fig. 239. Schlüſſel — Schrank: 2,1 Sek.

Fig. 240. Tiſch — Stuhl: 2,5 Sek.

Fig. 241. Roſe — Garten: 4,6 Sek.

3. Gebundene Reproduktion: Der Teil iſt zu finden.

Fig. 242. Baum — Aſt: 3,3 Sek.

Fig. 243. Pferd — Kopf: 4,0 Sek.

Fig. 244. Garten — Blume: 4,5 Sek.

4. Gebundene Reproduktion: Das Ganze iſt zu finden.

Fig. 245. Dach — Haus: 4,2 Sek.

Fig. 246. Bein — Körper: 4,6 Sek.

Fig. 247. Lehne — Stuhl: 7,3 Sek.

Fig. 236—247. Reproduktionszeiten. (Frida L., 9 Jahre.)

(Die Abbildung zeigt anstatt des Chronographen eine Stimmgabel zur Zeitmessung.) Man stellt das Kymographion auf die schnellste Geschwindigkeit, wobei die Fünftelsekunde ungefähr 2 mm lang wird. Halbe Millimeter kann man noch sicher schätzen, das wären dann Zwanzigstelsekunden. Bei Reproduktionszeiten genügt eine Genauigkeit bis auf $^1/_{20}$ Sekunde vollauf.

Der einzelne Versuch verläuft in folgender Weise:

1. Einstellen des Gedächtnisapparates, so daß ein leeres Blatt im Gesichtsfeld ist. Nur ein Stift (Kt oder Kt_1 in Fig. 215) berührt das Silberblech (S in Fig. 213).
2. Einstellen des Markiermagneten, so daß der Schreiber die Schreibfläche berührt.
3. Einstellen des Chronographen, Laufenlassen desselben.
4. Hochstellen der Nase am Schallschlüssel (g in Fig. 233 nach g_1)*).
5. Man läßt das Kymographion laufen.
6. Man läßt den Gedächtnisapparat laufen. „Achtung, jetzt!"
7. Das Blatt am Gedächtnisapparat fällt, sofort danach arretiert man den Gedächtnisapparat.

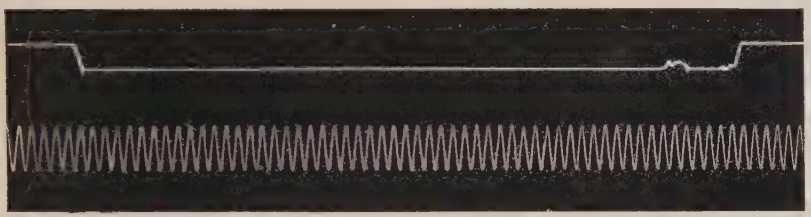


Fig. 248. Perzeptionszeit. „Apfel": „Ja!" — Graphische Registrierung mit Stimmgabelschreibung. (Frida L., 9 Jahre.)

Das letztere muß man tun, weil sonst etwa nach zwei Sekunden ein neues Blatt fallen würde. Der Kontakt würde dann aufgehoben sein.

Beim Fallen des Blattes erscheint ein Wort, — Apfel —. Gleichzeitig macht der Markiermagnet ein Zeichen. Nach einiger Zeit spricht die Versuchsperson: „Birne". Der Strom wird unterbrochen, der Markiermagnet macht ein zweites Zeichen.

8. Das Kymographion wird arretiert. Der Versuch ist beendigt.

Wir sehen in den Figuren 236 bis 247 das Ergebnis von zwölf solchen Versuchen, die ich an einem neunjährigen Kinde ausgeführt habe. Am kürzesten waren die Erkennungszeiten. Das Kind hatte dabei das erscheinende Wort so

*) Das Hochstellen geschieht mit Hilfe eines Bleistiftes oder dergl., oder mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung: Man drückt auf einen Knopf am Ende eines dicken Drahtes, wodurch die Nase selbsttätig in die Höhe geht. Man muß dabei darauf achten, daß sie nicht durch zu plötzliches Drücken zu hoch, über die wagerechte Stellung hinausgeworfen wird.

schnell wie möglich abzulesen. Bei freier Reproduktion ergeben sich Zeiten von zwei bis fünf Sekunden, bei der gebundenen zeigt sich, daß das Auffinden eines Ganzen länger dauert, als wenn das Kind zu einem Ganzen einen zugehörigen Teil zu suchen hat.

Fallen die Zeiten sehr kurz aus, so benutzt man zum Aufschreibenlassen das Federkymographion, als Zeitmarke die Stimmgabel (Fig. 235).

Die Figur 248 zeigt eine Kurve nach dieser Methode mit demselben Kinde*).

Will man nicht mit visueller, sondern mit akustischer Reizung arbeiten, will man also das Reizwort zurufen, so kann man den Gedächtnisapparat nicht gebrauchen. An seine Stelle muß ein zweiter Schallschlüssel treten, in den der Versuchsleiter hineinspricht. Die Nase muß dann so hoch nach oben gestellt

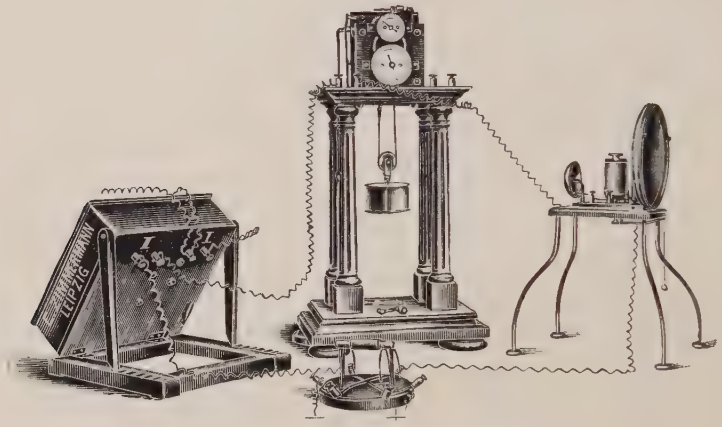


Fig. 249. Messung von Reproduktionszeiten mit Ranschburgs Gedächtnisapparat, Chronoskop und Schallschlüssel.

werden, daß vor Anfang des Versuches kein Kontakt vorhanden ist. Beim Aussprechen des Wortes durch den Versuchsleiter fällt die Nase in die wagerechte Stellung, wo sie durch einen kleinen Anschlag gehalten wird. Der Strom ist nun geschlossen.

Bei dieser Anordnung funktioniert aber der Schallschlüssel nicht so sicher wie bei der ersten. Wir empfehlen deshalb Reproduktionsversuche mit optischer Reizung. Will man trotz alledem mit akustischer Reizung Versuche anstellen, so braucht man als Hilfsapparat ein sogenanntes Relais. Die dadurch entstehende, etwas kompliziertere Versuchsanordnung kann man bei Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, fünfte Auflage, Bd. III, Seite 403 nachlesen.

*) Das Kind war angewiesen, „Ja" zu rufen, sobald es merkte, daß auf dem Blatt überhaupt etwas stand. Das Lesen des Wortes wurde gar nicht gefordert. Die Perzeptionszeit betrug, wie man an den Schwingungen ablesen kann, 0,56 Sekunde.

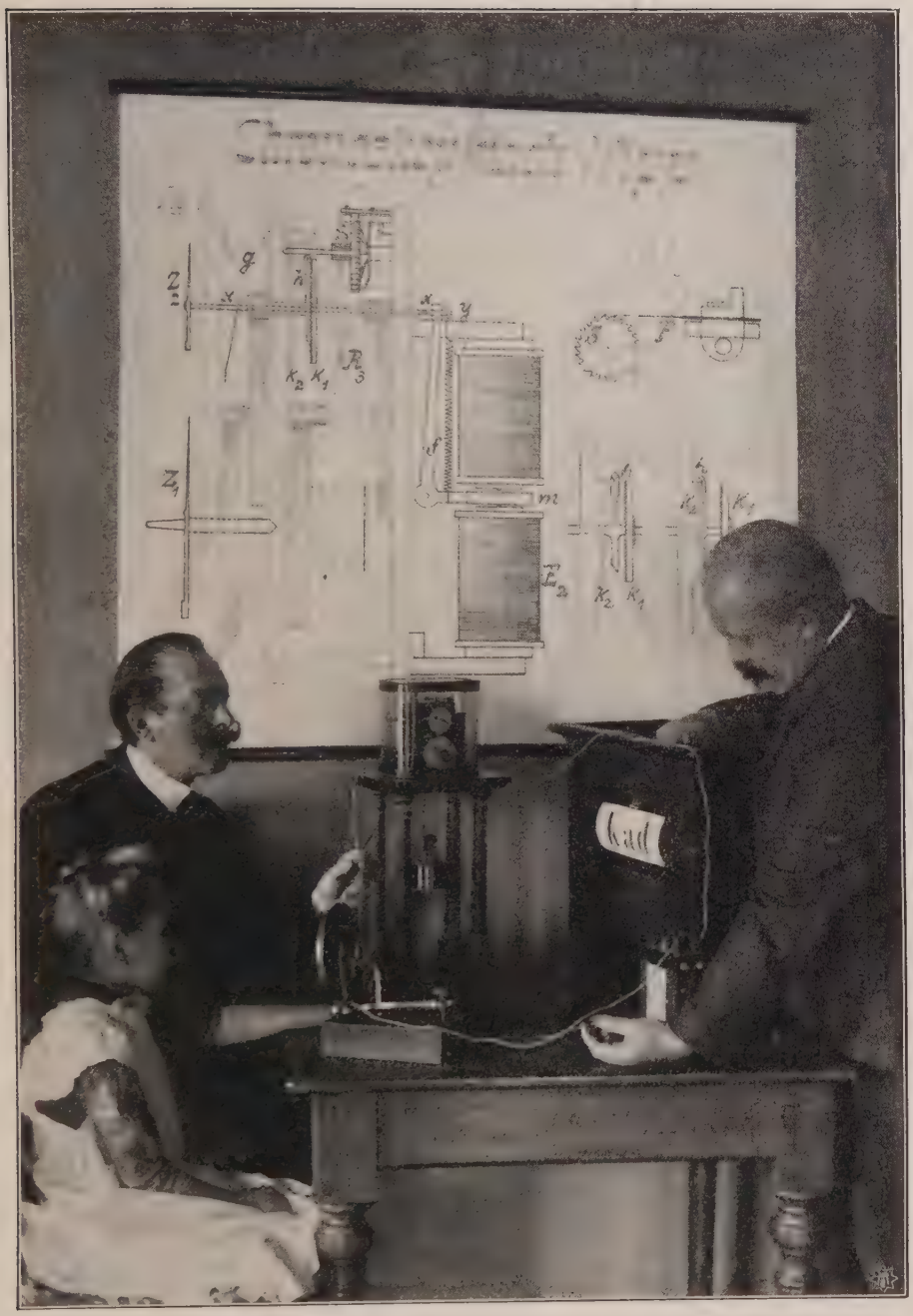


Fig. 250. Versuchsanordnung zur Messung von Reproduktionszeiten mit Gedächtnisapparat, Schallschlüssel und Chronoskop.

2. Registrierende Methode.

Bei der registrierenden Methode verwenden wir anstatt des Markiermagneten und des Kymographions das Chronoskop.

Figur 249 zeigt eine Versuchsanordnung mit Ranschburgs Apparat, Figur 250 mit unserm Gedächtnisapparat.

Bezüglich der Technik der Chronoskopversuche verweisen wir auf das Seite 137 u. ff. Gesagte.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß bei allen Reaktions- und Reproduktionsversuchen die Versuchsperson möglichst zu isolieren ist, indem man alle lärmerzeugenden Apparate, also namentlich das Chronoskop, in einem Nebenzimmer unterbringt, von dem die elektrische Leitung ins eigentliche Versuchszimmer zu legen ist.

K. Die Sprache.

I. Analyse der Sprachlaute.

Da die psychologische Analyse der Sprache in der Hauptsache mit Hilfe der vergleichenden Methode in der Völkerpsychologie zu erfolgen hat, so ist die experimentelle Untersuchung auf diesem Gebiete beschränkt. Sie wird sich am erfolgreichsten bei den elementarsten Erscheinungen betätigen können.

Zur Analyse der Sprachlaute besitzen wir einen vorzüglichen Apparat von den Leipziger Professoren Krueger und Wirth*).

Der Kehltonschreiber (Fig. 251) besteht aus einer Aufnahmekapsel, die der Carotiskapsel (C in Fig. 81) ähnlich ist, die aber nicht auf die Halsschlagader, sondern auf den Schildknorpel fest aufgesetzt wird, so daß sich die Schwingungen des Knorpels beim Sprechen der Membran der Aufnahmekapsel mitteilen. Die Schwingungen werden nun ganz wie bei der Pulsschreibung zu einem Schreibapparat weiter geleitet, der nach dem Prinzip des Mareyschen Tambours (Fig. 82), nur viel empfindlicher, gebaut ist. In der Figur 252 ist der Schreiber abgebildet. Der von der Aufnahmekapsel kommende Schlauch wird über das Ende des kurzen Rohres (rechts von der Spiralfeder) gestülpt, das oben, an einem ovalen Ausschnitt, mit dünner Gummimembran bespannt ist, die in der Mitte einen kleinen Steg st aus Aluminium trägt. Darauf lagert die Borste b, die durch die Mikrometerschraube m länger und kürzer gestellt werden kann und die, den Schwingungen der Membran folgend, die Stimmbewegung bei schneller Drehung des Kymographions auf eine Heringsche Schleife aufzeichnet (Fig. 251).

Die vom Kehltonschreiber gelieferten Kurven sind so klein, daß sie am besten mit Hilfe des Vergrößerungsglases analysiert werden. Sie geben wichtige Aufschlüsse über die Schwingungsformen der einzelnen Konsonanten und Vokale. Sie zeigen unter anderem, daß das a in „Dach" ein ganz anderes ist als in „Sache", weil die Einstellung auf das folgende e den Laut a bei „Sache" verändert**), wie überhaupt jeder vorhergehende oder nachfolgende Laut von Ein-

*) Krueger, F., und Wirth, W., Ein neuer Kehltonschreiber. Psychologische Studien, herausgegeben von W. Wundt. Bd. I. 1906.

**) Wundt, Völkerpsychologie. Zweite Aufl. I, 1, 498. W. Engelmann, Leipzig 1904.

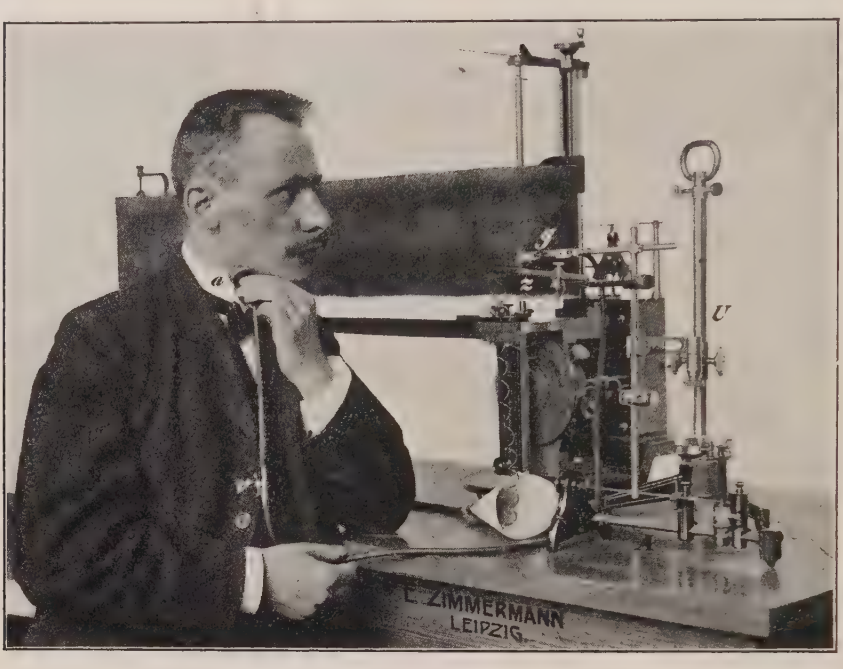


Fig. 251. Kehltonschreiber von Krueger und Wirth.

fluß ist. Derartige Untersuchungen können für die Theorie des Leseunterrichts (Lautiermethode) und für die Untersuchung von Kindern mit Sprachgebrechen von Bedeutung werden.

II. Analyse der Sprechmelodie.

Wenn man über einer rußenden Flamme ein Stück Papier hinzieht, so erhält man einen gleichmäßigen Rußstreifen. Spricht oder singt man auf die Flamme zu, so bemerkt man, wie sie zittert. Sie folgt den Tonschwingungen, wobei sie abwechselnd größer und kleiner wird. Bei langbrennenden Gasflammen wird das Flackern sehr deutlich. Ziehe ich durch eine so flackernde Flamme ein Stück Papier, so erhalte ich keine gleichmäßigen Rußstreifen, sondern eine Kette von Rußringen. Bei jeder Schwingung der Flamme entsteht ein neuer Ring. Bei dieser einfachen Methode wird demnach die Anzahl der Schwingungen des gesprochenen Tones aufgeschrieben. Spreche ich höher, so rücken die Rußringe enger zusammen, lasse ich am Ende eines Satzes den Ton fallen, so rücken die Ringe weiter auseinander.

Auf dieses einfache Prinzip gründet Prof. Marbe seine Methode der rußenden Flammen zum Aufzeichnen der Sprechmelodie, die er im Jahre 1908 auf dem psychologischen Kongreß in Frankfurt a. M. vorgeführt hat.

Figur 254 zeigt einen Demonstrationsapparat für Schulen. Rechts steht ein Azetylenapparat, der die Flamme speist. Nach dem Brenner geht von links noch ein zweiter Gummischlauch, der in einer Kapsel endet, die mit einer Gummimembran überzogen ist, genau wie eine Carotiskapsel. Man kann nun die Flamme entweder direkt ansprechen oder auch gegen die Membran sprechen, in beiden Fällen erhalten wir Rußringe. Endlich kann ich auch die Kapsel auf den Schildknorpel aufsetzen, wie Figur 253 zeigt.

Halte ich eine tönende Stimmgabel in die Nähe der Flamme, so werden die Schwingungen ebenfalls als Rußringe in gleichen Entfernungen abgebildet. Drücke ich mit dem Finger auf die Membran, so gibt das einen Rußring.

Figur 253 gibt den ganzen Marbeschen Apparat wieder*). Ein sehr langes Papierband (400 m) wird an drei Flammen vorbeigezogen. Die erste Flamme dient der Aufnahme der Sprache, die zweite der Aufnahme eines Stimmtones von 100 Schwingungen, der die Zeit markiert, und die dritte ist mit einem Taster versehen, den man an bestimmten Stellen des Satzes, etwa bei jeder Hebung der Stimme, auf die zur dritten Flamme gehörige Membran niederdrückt, wodurch an dieser Stelle ein Rußring entsteht.

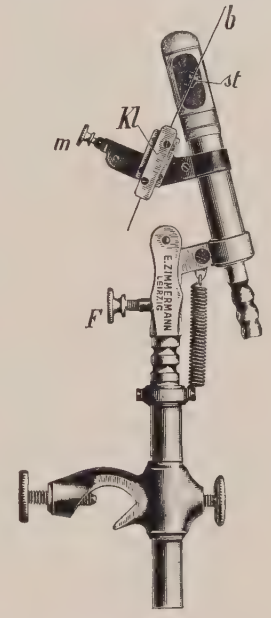


Fig. 252. Schreibkapsel des Kehltonschreibers.

Diese Marken erleichtern das Zurechtfinden auf dem langen Streifen. Zwischen den einzelnen Flammen sind dünne Bleche aufgerichtet, damit sich die Schwingungen der einen Flamme nicht auf die benachbarte übertragen.

Hat man die Rußringe fixiert, so kann man sie eingehend analysieren. Aus ihrer Entfernung läßt sich die Tonhöhe genau feststellen, es läßt sich zeigen, wieweit sie Schwankungen unterworfen ist, ob der Wechsel der Tonlage mit dem Akzentuieren der Sprache zusammenfällt usw.

Interessant wäre eine Untersuchung der Sprechmelodie der Taubstummen. Vielleicht ließen sich kleine Unterschiede in der Tongebung, Anfänge einer Sprechmelodie, auffinden, die bei systematischer Ausbildung zu einer differenzierten Sprechmelodie führen könnten.

Ferner könnten die Unterschiede in der Sprechmelodie der Kinder der einzelnen Schuljahre wichtige Gesichtspunkte für die Entwicklung der kindlichen Sprache während der Schulzeit abgeben.

*) Beide Apparate sind von Joos, dem Mechaniker des Psychologischen Instituts zu Frankfurt a. M., Jordanstr. 17, zu beziehen.

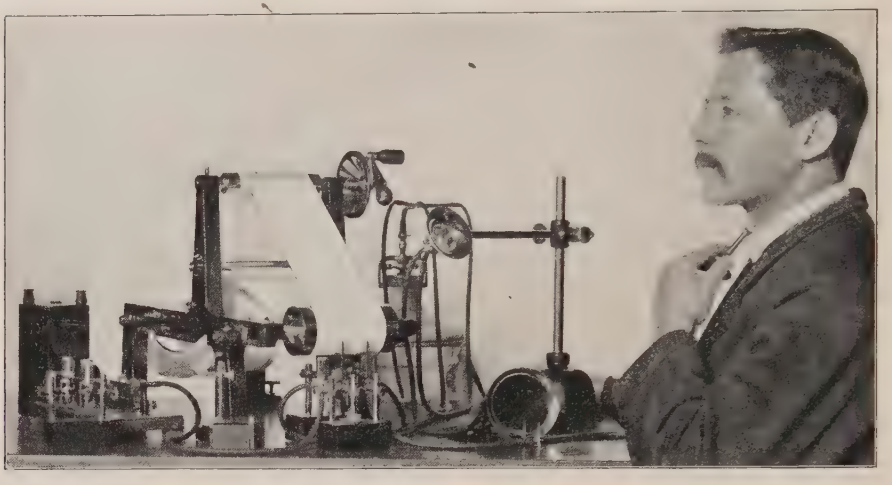


Fig. 253. Sprechmelodieapparat (nach Marbe).

III. Statistik der Wortformen und Wortverbindungen.

Ausführliche statistische Aufnahmen über die Sprache des Kindes liegen nur für das erste Lebensalter vor. So hat Ament*) die ersten zweihundert Begriffe seiner Kinder gesammelt und nach den sprachlichen Formen geordnet. Er hat weiter untersucht, wie sich der Begriffsumfang einzelner Wörter im Laufe der Entwicklung verändert, verringert oder erweitert.

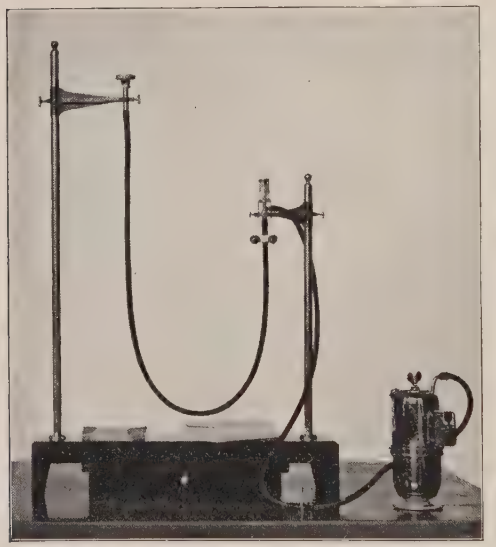


Fig. 254. Demonstration der Marbeschen Rußringe.

Ähnliche Untersuchungen könnten auch bei älteren Kindern angestellt werden, es wäre besonders wünschenswert, den Wortschatz des normalen sechsjährigen Kindes festzustellen. Das kann natürlich nur durch Einzeluntersuchungen und nur durch die unmittelbare Umgebung des Kindes geschehen. Während einer bestimmten Zeit müßten möglichst alle Worte, die

*) Ament, W., Entwicklung von Sprechen und Denken beim Kinde. Wunderlich, Leipzig 1899.

das Kind überhaupt gebraucht, notiert werden. Es wäre das eine gewaltige Arbeit, aber unausführbar ist sie nicht, und sicher würde sie dankbar sein.

In der Oberklasse wäre besonders interessant die vergleichende Untersuchung der Schrift- und Sprechsprache der Kinder.

Außerdem kann durch die schon besprochenen Reproduktionsversuche, besonders bei gleichzeitiger Messung der Reproduktionszeit, das sprachliche Material nach seiner Verbindungsfähigkeit gesichtet werden, und zwar auf Grund folgender Überlegung:

Menzerath*) hat nachgewiesen, daß die geläufigen Wortverbindungen die kürzesten Reproduktionszeiten ergeben. Er suchte sich die Reproduktionen heraus, bei denen alle seine acht Versuchspersonen dasselbe Wort assoziiert hatten, und be-

Fig. 255. Der Körper als Ausdrucksmittel in den Spielen der Kinder.
(Aus: Pabst, A., Dr., Wirklichkeitsunterricht. Neue Bahnen, Oktober 1905. R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

zeichnete sie als die geläufigen Wortverbindungen. Diese zeigten die kürzesten Reaktionszeiten. Bei den nicht geläufigen Verbindungen liegt der Mittelwert bei 1400 σ, also bei 1,4 Sekunde. Dieser Wert findet sich bei 50 Reproduktionen. Bei den geläufigem Verbindungen aber ist als Mittelwert die Zahl 1150 σ etwa 65 mal vertreten. Nur die reinen Klangassoziationen sind noch etwas kürzer, ungefähr 1000 σ.

Wir haben also in den Reproduktionszeiten ein Maß für die Geläufigkeit der betreffenden Verbindungen. Um festzustellen, welche Verbindungen — Substantiv mit Adjektiv, Substantiv mit Verbum usw. — dem Kinde geläufiger sind,

*) Menzerath, P., Die Bedeutung der sprachlichen Geläufigkeit oder der formalen sprachlichen Beziehung für die Reproduktion. Zeitschrift für Psychologie. Bd. XXXXVIII, 1908. A. Barth, Leipzig.

ist es demnach nicht notwendig, eine Statistik aller auftretenden Wortverbindungen aufzunehmen. Es genügt, eine Anzahl von Reproduktionsversuchen mit möglichst mannigfaltigem Material anzustellen und dabei die Zeiten zu messen.

Aus der Länge der Reproduktionszeiten für die Verbindung — Substantiv-Adjektiv — ziehen wir dann den Schluß auf die Geläufigkeit dieser Verbindung bei der betreffenden Altersstufe.

Die Reproduktionszeiten beim Gebrauch der Mundart im Vergleich zum Hochdeutsch sind noch gar nicht untersucht worden.

Besonders bei der Untersuchung der pädagogischen Beeinflussung — etwa durch den Grammatikunterricht — auf die Geläufigkeit bestimmter Verbindungen

Fig. 256.

Lieblich war die Maiennacht,
Silberwölklein flogen,
Ob der holden Frühlingspracht
Freudig hingezogen.

Fig. 257.

Hingelehnt an Bergesrand
War die bleiche Mauer,
Und das Kreuzbild Gottes stand
Hoch, in stummer Trauer.

Fig. 258.

Rauher war mein Postillon,
Ließ die Geißel knallen,
Über Berg und Tal davon
Frisch sein Horn erschallen.

Fig. 259.

Weiter ging's durch Feld und Hag
Mit verhängtem Zügel,
Lang' mir noch im Ohre lag
Jener Klang vom Hügel.

Fig. 256—259. Rezitieren ohne Gesten.

müßten stets Versuche in der Mundart zum Vergleich herangezogen werden, um nachzuweisen, wie tief unser grammatischer Unterricht in den Sprachbildungsprozeß wirklich eingreift und ob wir nicht etwa nur neben der natürlichen Muttersprache eine lebensfremde Schulsprache züchten. Wenn die Reproduktionszeiten in der Mundart eine wesentlich andere Tendenz in bezug auf die Verteilung der Geläufigkeit zeigen, wenn die durch den Schulunterricht erzeugten Änderungen in den Reproduktionszeiten bestimmter Verbindungen sich nicht auf die Mundart übertragen, so ist der sprachbildende Wert dieser Übungen nicht hoch anzuschlagen.

IV. Die Sprache als Ausdrucksmittel.

Zweierlei darf bei der sprachlichen Entwicklung nicht vergessen werden. Erstens, daß die Sprache ursprünglich nur eine Ausdrucksbewegung unter vielen ist, daß sie sich aus einem Bewegungsbild des ganzen Körpers entwickelt hat. Das kleine Kind zappelt vor Freude und weiß sich schon vor der Sprechperiode durch allgemeine Körperbewegungen recht gut der Mutter verständlich zu machen. Erst später gesellt sich zu diesen Bewegungen ein Freudenruf, und aus den ersten Interjektionen entwickelt sich dann langsam die Sprache, immer noch begleitet

Fig. 260. Rezitieren mit Gesten.

Lieblich war die Maiennacht, Ob der holden Frühlingspracht
Silberwölklein flogen, Freudig hingezogen.

Versuchsperson A.: „Der Ausdruck hat etwas Freudiges an sich. Etwa so: ‚Wie frisch und frei der Morgen ist. Weit, schön, frei!'" — Versuchsperson C.: „Die Kinder sind in erregter, freudiger Stimmung. Zwei sehen fast keck, fast wagelustig aus: Die erste rechts vorn und eine links in der zweiten Reihe. Ich möchte auf ein Wanderlied raten, etwa in der Art wie: ‚Der Mai ist gekommen . . . .'"

von den lebhaften Bewegungen des Körpers, die der ersten Verständigung dienten. Noch in späteren Jahren (Fig. 255) benutzt es in seinen Spielen mit Vorliebe den ganzen Körper als Ausdrucksmittel. In dieser Zeit kommt das Kind zur Schule.

Es ist nun eine durchaus natürliche Entwicklung, daß mit wachsender Ausbildung des Intellekts sich der Ausdruck immer mehr auf das Mittel der Sprechlaute zurückzieht, das sich als das feinste Instrument für den Ausdruck der Vorstellungen erweist. Man soll diese Entwicklung nicht aufhalten wollen.

Ganz falsch aber ist es, von dem sechsjährigen Kinde, bei dem die mimischen und pantomimischen Bewegungen noch wesentliche Mittel des Ausdrucks sind, bei dem keine ernsthafte „Aussprache" ohne lebhafte Beteiligung der mimischen und pantomimischen Muskulatur erfolgt, plötzlich zu verlangen, es müsse beim Sprechen „stille halten". Durch einen solchen gewaltsamen Eingriff muß die natürliche Entwicklung gehemmt werden. Das bis dahin sprachlustige Kind wird stumm.

Zweitens muß man beachten, daß die sprachliche Entwicklung vom Ausdruck der Gefühle ihren Ursprung nimmt, daß darum auch gerade beim Gefühlsausdruck die Mimik und Pantomimik einen wesentlichen Bestandteil, auch in späteren

Fig. 261. Rezitieren mit Gesten.

Hingelehnt an Bergesrand
War die bleiche Mauer,
Und das Kreuzbild Gottes stand
Hoch, in stummer Trauer.

Versuchsperson A.: „Das geistige Auge sieht etwas Großes, das sich vor ihm aufbaut, groß und frei, aber nicht mit freudigem Akzent, sondern erhaben. Die vorderen scheinen optisch nichts zu sehen, sondern nur innerlich. Etwas Großes wirkt zwingend auf sie, sie denken gar nicht ans Photographieren. Sie sprechen etwa:

‚Es stand so hoch und hehr,
Weit ragt es über die Lande . . .'"

Jahren, ja eigentlich während der ganzen Lebenszeit, ausmachen. Ein Glücklicher, der den Kopf hängen läßt, ist ebenso unmöglich wie ein Trauernder, der lebhaft mit den Händen agiert.

Wo also die Sprache auf einen lebhaften Gefühlsausdruck abzielt, da soll auch auf höheren Stufen der mimische und pantomimische Ausdruck nicht unterdrückt werden. Schon das Unterdrücken der Pantomime scheint auf die Mimik einen ungünstigen Einfluß zu haben. In diesem Falle aber ist nicht zu erwarten, daß

Fig. 262. Rezitieren mit Gesten.

Rauher war mein Postillon, Über Berg und Tal davon
Ließ die Geißel knallen, Frisch sein Horn erschallen.

Versuchsperson A.: „Das Bild zeigt Kraftempfindung, Aufleuchten der Kraft in den Augen, freudiges Mienenspiel. Die Kinder sagen etwa: Ich bin ein Held."

Fig. 263. Rezitieren mit Gesten.

Weiter ging's durch Feld und Hag Lang' mir noch im Ohre lag
Mit verhängtem Zügel, Jener Klang vom Hügel.

Versuchsperson A.: „Sie hören etwas, das näher kommt und das der Seele, weil es unbestimmt ist, einen Schreck verursacht." — Versuchsperson B.: „. . . . Es ist etwas Ernstes, Ängstliches, sie trauen nicht recht, sie wissen noch nicht genau, was es ist." — Versuchsperson C.: „Deutliche Gebärde des Lauschens. Doch ist es wohl nicht Kuckucksruf, worauf die Kinder horchen, auch Gesang dürfte nicht zureichen. Sie sind zu andächtig. Das deutet wohl darauf, daß sie von Glockenklang sagen (oder singen?). Die Augen sind nach oben gerichtet: Die Klänge kommen wahrscheinlich von oben oder aus der Ferne."

etwa beim Vortrag eines Gedichts das der Darstellung zugrunde liegende Gefühl zur vollen Entfaltung kommt.

Um den hemmenden Einfluß des Unterdrückens der Pantomime auf die Entwicklung der Mimik nachzuweisen, habe ich folgendes Verfahren eingeschlagen.

Ich ließ eine Schulklasse ein Gedicht, Lenaus „Postillon", aufsagen und zwar, wie sie es gewöhnt waren, „in Grundstellung". Während des Sprechens ließ ich sie an verschiedenen markanten Stellen des Gedichts photographieren (Fig. 256 bis 259). Diese Bilder legte ich einer Anzahl von Erwachsenen vor und bat sie, mir die Stimmung der Kinder zu beschreiben*). Die meisten Versuchspersonen gaben an, die Gesichter der Kinder seien zu ausdruckslos, man könnte überhaupt nichts aus ihnen schließen. Keine der Versuchspersonen hat die betreffenden Stimmungen des Gedichts richtig ablesen können.

Nun photographierte ich andere Kinder, die gewöhnt waren, bei starkem Gefühlsausdruck von der Pantomime nach Belieben Gebrauch zu machen (Fig. 260 bis 263). Die Versuchspersonen konnten hier aus den Kindergesichtern leicht die Stimmung des Gedichts erraten, wie die Unterschriften der Bilder zeigen**). Als ich ihnen das Gedicht vorlegte, fanden die meisten auch die zu den einzelnen Photographien gehörigen Gedichtstellen richtig heraus.

*) Neue Bahnen, Oktober 1906 und März 1907. R. Voigtländers Verlag, Leipzig.

**) Bei diesen Versuchen dürfen nur die Gesichter der Kinder gezeigt werden. Die Versuche können an der Hand der hier abgedruckten Abbildungen leicht von Seminaristen und anderen nachgeprüft werden.

L. Körperliche Arbeit.

Wer von der Schule neben der Pflege des Intellekts auch eine erziehliche Wirkung fordert, wird sicher die Erziehung zur Arbeit mit in seinen Plan aufnehmen. Die Notwendigkeit, in der Gegenwart auf diesen Punkt besonders hinzuweisen, wird drastisch beleuchtet durch die Tatsache, daß die Arbeitslehre sich in die Lehrbücher der Pädagogik nur durch die Hintertür der geistigen Arbeit

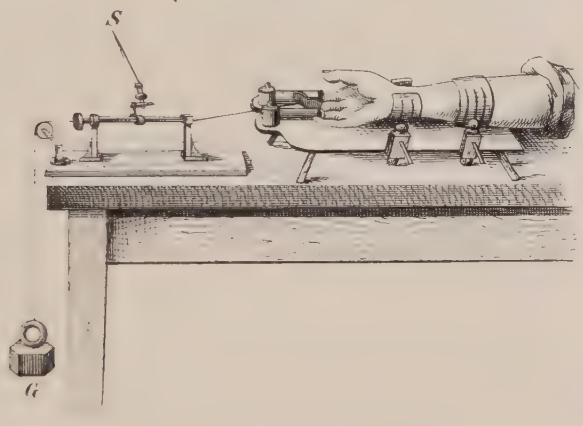


Fig. 264. Ergograph (nach Mosso).

Eingang verschaffen konnte, als ob die Erziehung zur körperlichen Arbeit von keiner nennenswerten Bedeutung sei. Abgesehen davon, ob mit Rücksicht auf dieses Erziehungsziel der heute geltende Lehrplan einer Umgestaltung bedarf, genügt zur Kennzeichnung der Bedeutung der Arbeitslehre schon der Hinweis auf den Turnunterricht, das Schreiben usw. und endlich der Hinweis darauf, daß schließlich keine geistige Arbeit ohne körperliche Leistung möglich ist.

Aus diesen Gründen ist es notwendig, ein Maß zu suchen für die körperliche Leistungsfähigkeit, und die Verlaufsformen und Gesetze der körperlichen Arbeit bei Erwachsenen und Kindern eingehend zu studieren.

I. Der Ergograph.

1. Gewichtsergographen.

Die Organe, mit Hilfe deren der menschliche Körper Arbeit leistet, sind, von Hilfsorganen abgesehen, bekanntlich die Muskeln. Die Gesetze der Muskelkontraktion bilden demnach die Grundlage der Arbeitslehre. Die Physiologie hat die Arbeit des toten Muskels genau untersucht, für die Pädagogik kann es

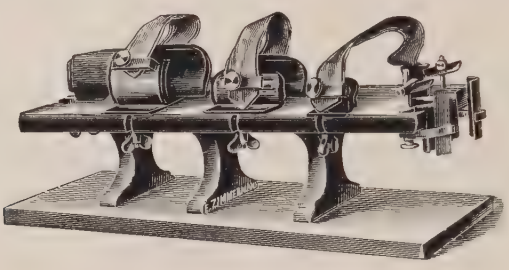


Fig. 265. Armlagerung des Ergographen.

sich selbstverständlich nur darum handeln, die Leistungen des lebenden Muskels, vor allem bei willkürlicher Kontraktion, zu erforschen, selbst wenn die Methoden unter diesen Umständen aus begreiflichen Gründen niemals die Exaktheit gewinnen können, die in der Physiologie dadurch erreicht wird, daß man jeden

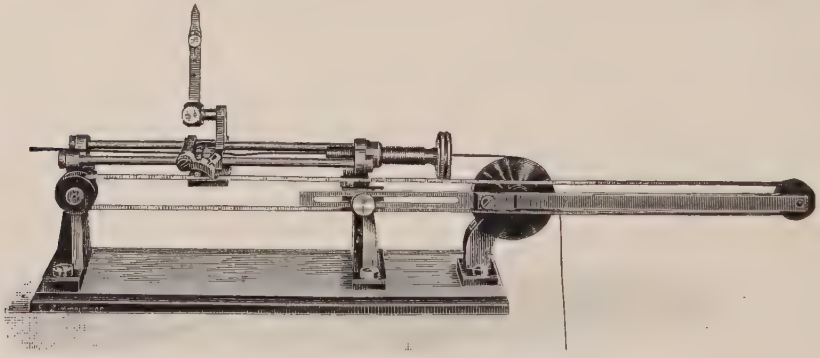


Fig. 266. Schreibvorrichtung des Ergographen mit endlosem Bandmaß.

einzelnen Muskel, vom Körper losgelöst und allen andern Einflüssen entzogen, in seiner Reaktion auf irgendeinen Reiz prüfen kann.

Den ersten Ergographen (Kraftschreiber) verdanken wir Mosso (Fig. 264). Der Arm, der zweite und vierte Finger sind fest eingelagert. Der Mittelfinger,

der eine Hülse trägt, kann sich frei bewegen. Beugt man ihn, so zieht er die Schnur nach rechts und hebt das Gewicht. An der Schnur ist ein Schreiber befestigt, der beim Beugen und Strecken des Fingers hin- und hergeht. Und zwar entspricht die Größe dieser Bewegung genau dem Weg, den das Gewicht bei seiner Hebung zurücklegt. Beträgt das Gewicht 6 kg, der Weg 5 cm, so leiste ich bei einer Hebung 0,3 Kilogrammeter. Und kann ich in 10 Sekunden zehn solche Hebungen ausführen, so leiste ich in dieser Zeit 3 Kilogrammeter.

An den Schreiber heran schiebe ich ein langsam sich drehendes Kymographion. Die einzelnen Hebungen werden aufgeschrieben. Ich messe sie, multipliziere sie mit der Schwere des gehobenen Gewichts und habe nun die Leistungsfähigkeit des Muskels in dem in der Physik üblichen Maße, in Kilogrammetern.

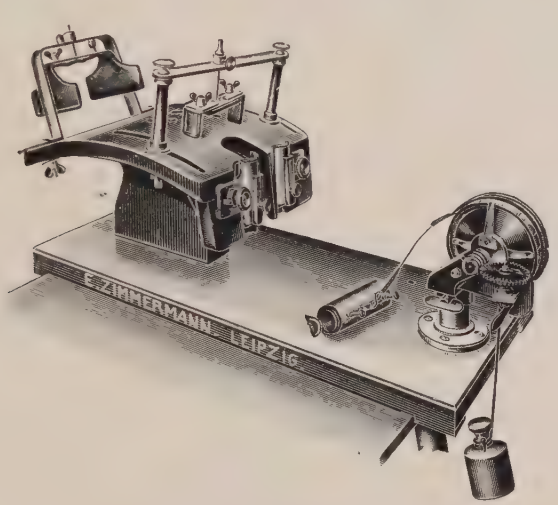


Fig. 267. Ergograph (nach Meumann).

Der Mossosche Ergograph ist vielfach verbessert worden, sowohl in bezug auf die feste Einlagerung des Armes, um die Armmuskeln von der Mitbetätigung auszuschließen (Fig. 265), als in bezug auf die Registrierung der Hebung. Der Schreiber in Figur 266 zeigt eine praktische Einrichtung, die meines Wissens von Professor Meumann stammt, ein über zwei Rollen laufendes, in Zentimeter geteiltes Meßband. Beim Heben des Gewichts gleitet die kleine scharfe Nase, die an dem Schreiber befestigt ist, über das Meßband, ohne es zu bewegen, geht aber der Schreiber zurück, so schiebt die Nase das Band mit. Das geschieht nach jeder Hebung. Hat das Kind 20 Hebungen ausgeführt, so ist das Band zwanzigmal weitergerückt und ist von 0 etwa bis 60 gekommen. Betrug das Gewicht 3 kg, so haben wir 1,8 Kilogrammeter Gesamtleistung. Wo es uns nur um die Gesamtleistung zu tun ist, brauchen wir also gar kein Kymographion.

An seinem Ergographen für Kinder (Fig. 267) hat Meumann einen ähnlichen Zählapparat angebracht.

In Figur 268 sehen wir einen Ergographen von Trèves, mit dem man die Kraft der Armmuskeln untersucht. Auf der Kymographiontrommel ist eine Kurve aufgezeichnet. Man kann natürlich außer den Fingermuskeln auch die Armmuskeln, die Beinmuskeln untersuchen, man kann die Frage nach der Kraftleistung der gesamten Körpermuskulatur aufwerfen. Diese Fragen sind für die Pädagogik von geringer Bedeutung, und die Ergographen, die solche Sonderfragen verfolgen, sollen darum nicht erwähnt werden.

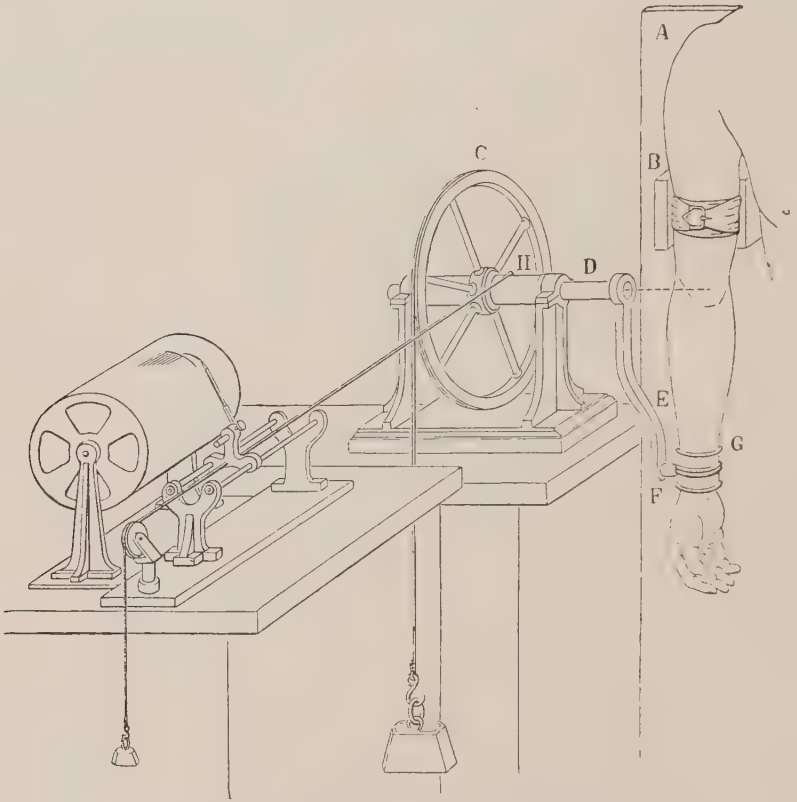


Fig. 268. Ergograph zur Untersuchung der Arbeitsleistung des Biceps.
(Nach Trèves, Le travail, la fatigue et l'effort. L'Année psychologique, 1906.)

Für die Pädagogik wird es sich in der Hauptsache um zwei Fragen handeln, erstens um die Verlaufsform körperlicher Arbeit. Die kann ich aber an jedem beliebigen Muskel studieren, da aus der Physiologie bekannt ist, daß die Arbeitsgesetze der verschiedenen Muskeln im wesentlichen übereinstimmen.

Zweitens handelt es sich in der Pädagogik um individuelle Unterschiede und um Beeinflussung der Arbeit durch verschiedene Arbeitsbedingungen. Auch diese Fragen lassen sich an jedem beliebigen Muskel studieren. Darum wird man in der Pädagogik am besten bei den handlichen Apparaten bleiben, die den Muskel des Fingers untersuchen.

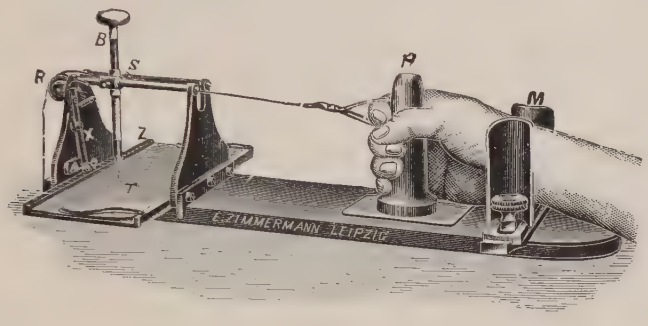


Fig. 269. Ergograph (nach Dubois).

Die bisher beschriebenen Apparate sind mit der Absicht konstruiert, den Arm besonders fest einzulagern, um möglichst nur *einen* Muskel zu betätigen. Es hat sich aber gezeigt, daß es unmöglich ist, einen Muskel am lebenden Menschen völlig zu isolieren. Selbst bei der gewissenhaftesten Befestigung des

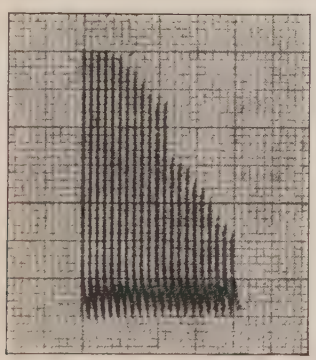


Fig. 270. Ergogramm auf Millimeterpapier.

Armes arbeiten nicht bloß *eine*, sondern stets *mehrere* Muskelgruppen. Man tut darum besser, auf das Unmögliche von vornherein Verzicht zu leisten und dafür eine bequemere und natürlichere Einlagerung zu erreichen.

Aus diesem Grunde empfehle ich für pädagogische Untersuchungen den Ergographen von Dubois (Fig. 269), bei dem sich die Hand durch Umfassen eines

Holzgriffs H, der je nach der Größe der Hand weiter nach vorn oder weiter nach rückwärts festgeschraubt werden kann, selbst fixiert, wobei nur die Handwurzel durch die verstellbaren Metallbacken M noch festgelegt wird. Besonders bequem ist die Schreibvorrichtung, die aus einem Bleistift B besteht, der in einer Hülse gleitet und der beim Heben des Gewichts durch seine eigene Last, die durch einen Bleiknopf erhöht ist, die Hebung auf dem unter ihm befindlichen Papier aufzeichnet. Nun würden die aufeinander folgenden Hebungen von dem Bleistift alle an derselben Stelle, übereinander, gezeichnet werden. Infolgedessen ist eine Vorrichtung angebracht, die beim Zurückgehen des Bleistifts mit Hilfe einer kleinen Nase A die Schreibtafel T — an der sich eine Zahnstange Z befindet, in welche die Nase eingreift — jedesmal um einen Millimeter weiterschiebt, so daß nun eine Hebung neben der andern, in der Entfernung von einem Millimeter, aufgezeichnet wird. Zum Aufzeichnen verwendet man Millimeterpapier und kann nun die Hubhöhen bequem ablesen*).

Figur 270 zeigt ein solches Ergogramm (Kraftschreibung). Als Gewicht verwendet man bei Erwachsenen 5 bis 8, bei Kindern 2 bis 6 kg.

Zu Demonstrationszwecken kann man auch einen Schreiber wie in Figur 271 verwenden, der die Hebungen auf einem Kymographion weithin sichtbar aufzeichnet.

2. Federergographen.

Wenn man sich an einem Gewicht von 8 kg abgearbeitet hat, so daß man nicht mehr imstande ist, es auch nur einen Millimeter zu heben, so scheint es, als ob der Muskel völlig erschöpft wäre. Vermindere ich aber plötzlich das Gewicht auf 1 kg, so erfolgt die Hebung auch weiterhin mit Leichtigkeit. Der Gewichtsergograph mißt also nicht die gesamte Muskelleistung. Infolgedessen haben namentlich die französischen Psychologen anstatt des Gewichts eine Feder angewendet, die zuerst mit geringer Kraft gedehnt werden kann, während bei großer Bewegung die nötige Kraftleistung immer größer werden muß.

Figur 272 zeigt einen solchen Apparat von Professor Lehmann in Kopenhagen, bei dem eine Federwage durch die Kraft der Hand gespannt wird.

Der neue Ergograph von Prof. Henry in Paris (Fig. 273) besteht aus einem mit Quecksilber gefüllten Gummiball, den man mit den Fingern zusammendrückt. Das Quecksilber steigt dann in dem langen Rohr in die Höhe, und der Druck der Quecksilbersäule wird infolgedessen immer stärker, je tiefer ich in den Gummiball hineindrücke**). Auf dem Quecksilber schwimmt ein Stück Eisen, das

*) Man braucht also beim Ergographen von Dubois kein Kymographion.

**) von Stein, Nouveau Dynamométrographe universel et Ergographe et leur importance pour le diagnostic des désordres du labyrinthe de l'oreille (Le physiologiste Russe, Moscou 1906) gibt einen Gewichtsergographen an, bei dem das Gewicht an einem langen, um eine Achse drehbaren Hebel herunterhängt. Drehe ich die Achse (durch Ziehen mit dem Finger), so wird das Gewicht zuerst nur wenig gehoben, je mehr sich der Hebel mit dem Gewicht der wagerechten Lage nähert, desto stärker wirkt es. Auch hier ist also die zur Betätigung des Apparates nötige Kraft im Anfang sehr gering, später immer größer.

Fig. 271. Demonstration der Ergographenkurve am Kymographion.

je nach dem angewendeten Druck mit auf- und abgeht. Und an dem Eisen ist eine Schnur befestigt, die einen Schreiber betätigt, der die Bewegungen auf einem Kymographion aufzeichnet.

Die Kritik der Federergographen und ähnlicher Apparate würde eingehende physiologische Erörterungen erfordern, die hier nicht interessieren. Ich schließe mich dem Urteile von Trèves*) an und kann den Federergographen nicht empfehlen.

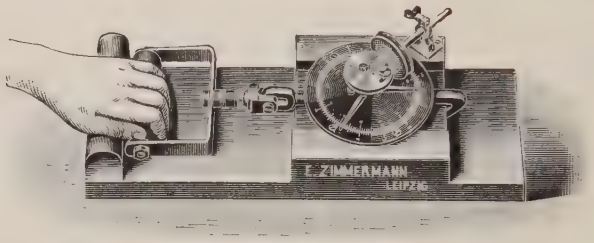


Fig. 272. Ergograph (nach Lehmann).

II. Das Maß der Arbeitsleistung.

1. Ergographenkurven.

Die normale Kurve, die man mit dem Gewichtsergographen erhält, zeigt im allgemeinen das Bild Figur 274: geradlinigen Abfall der Einzelhebungen. Am Ende ist die Versuchsperson nicht mehr fähig, eine Hebung auszuführen.

Das Gewicht betrug $4^1/_2$ kg, die Hebungen ließ ich in Pausen von $^3/_4$ Sek. erfolgen.

Nach oben geschweifte Kurven (Fig. 275) weisen meist darauf hin, daß eine ziemliche Übung während des Versuchs erfolgt, Schweifung nach unten (Fig. 276) deutet meist auf verhältnismäßig starke Ermüdung.

Ist man schon am Anfang des Versuches durch eine vorhergehende Arbeitsleistung ermüdet, so zeigt sich diese Ermüdung in der geringen Anzahl der Hebungen und darin, daß erst nach einigen Hebungen das Maximum erreicht wird (Fig. 277).

Die körperliche Leistung nach einer Lernarbeit (Fig. 279) zeigte sich größer als vorher (Fig. 278). Doch kommt es hier natürlich auf die Dauer des Lernens an. Ist die Lernarbeit kurz, so wirkt sie anregend, ist sie lang und anstrengend, so wirkt sie ermüdend.

---

*) Trèves, Z., Über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis die Ergographie betreffend. Pflügers Archiv Bd. 88. 1901. Trèves, Z., Le travail, la fatigue et l'effort. L'Année psychologique 1906.

Fig. 273. Ergograph von Prof. Henry. (Die Umschau, 20. Juni 1908.)

2. Die Maximalleistung.

Ich ließ eine Versuchsperson mit $4^1/_2$ kg bis zur Erschöpfung arbeiten, d. h. bis sie nicht mehr fähig war, eine Hebung auszuführen. In diesem Augen-

blick nahm ich 3 kg weg, so daß die Belastung nur noch $1^1/_2$ kg betrug (Fig. 280). Sofort war der Muskel wieder imstande, ganz beträchtliche Leistungen auszuführen. Es ist also nicht wahr, daß der Muskel „völlig erschöpft" ist, wenn

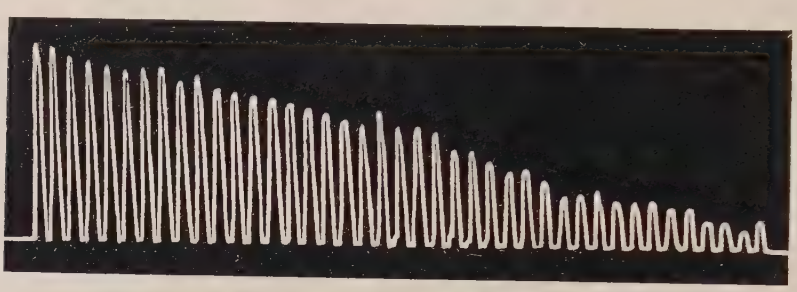


Fig. 274. Normale Ergographenkurve.

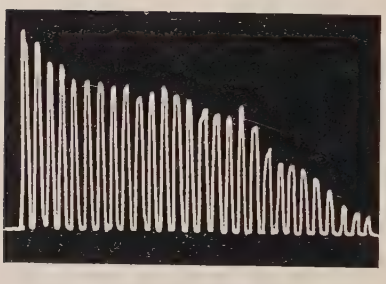


Fig. 275. Übungskurve.

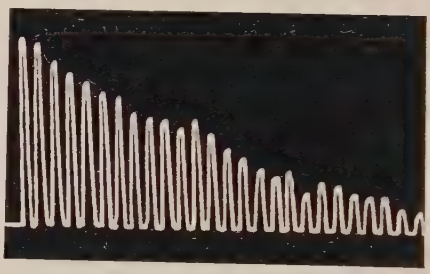


Fig. 276. Ermüdungskurve.

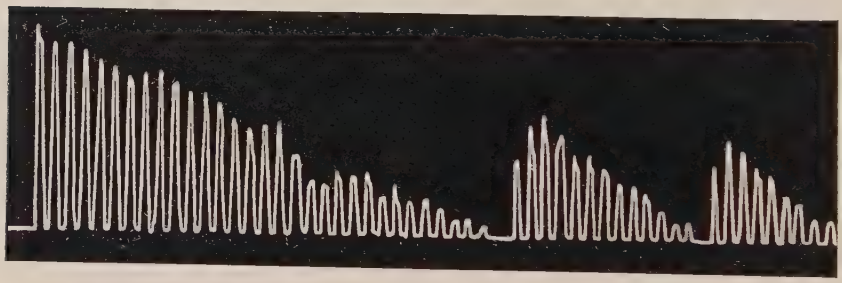


Fig. 277. Ermüdungskurven beim Heben mit kurzen Pausen.

er das $4^1/_2$ kg Gewicht nicht mehr heben kann. Wir können demnach auch mit dem $4^1/_2$ kg Gewicht die Maximalleistung des Muskels nicht erfahren.

Man könnte daran denken, ein viel kleineres Gewicht, etwa $1^1/_2$ kg, zu verwenden, das Resultat sehen wir in Figur 281, eine sogenannte „unendliche"

Kurve. Die Versuchsperson hört gar nicht auf mit Hebungen. Auch hier haben wir nicht die Maximalleistung: Die Versuchsperson könnte viel mehr heben.

Trèves*) ist nun auf den glücklichen Gedanken gekommen, die Methode dahin abzuändern, daß man mit einem großen Gewicht beginnt und sofort etwas wegnimmt, wenn man ein Sinken der Kurve bemerkt. So fährt man fort, bis kein Sinken mehr eintritt, bis sich die „unendliche" Kurve einstellt**). Hier haben wir nun wirklich die Maximalleistung des Muskels, die sich direkt mit der Größe des Gewichts ausdrücken läßt, das man in einem bestimmten Takte dauernd heben kann***).

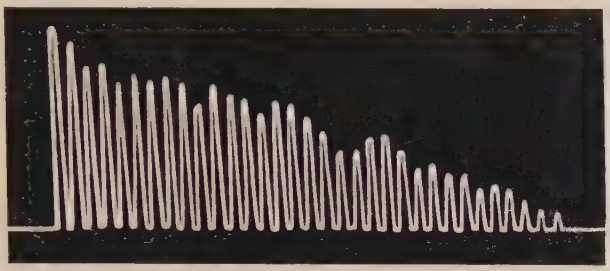


Fig. 278. Muskelleistung vor dem Auswendiglernen.

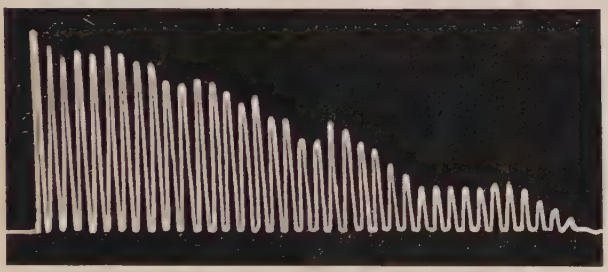


Fig. 279. Muskelleistung nach dem Auswendiglernen.

Die große Bedeutung der Methode von Trèves besteht darin, daß sie sich am meisten den Arbeitsmethoden des praktischen Lebens anpaßt.

Gleichviel, ob der Zweck der Arbeitsleistung unsrer Muskeln darin besteht, unsern Körper von einer Stelle zur andern zu bringen, Lasten zu heben oder zu tragen oder Feder und Stift zu bewegen: Fast immer wird es sich darum

*) Trèves, a. a. O.

**) Figur 282 zeigt eine solche Kurve. Von $4\,^1/_2$ kg an wurde je 1 kg weggenommen, bis sich schließlich bei $1\,^1{}_2$ kg die „unendliche" Kurve einstellte.

***) Vgl. Trèves, Le travail, la fatigue et l'effort. L'Année psychologique 1906.

handeln, in bestimmten Zwischenräumen hintereinander die gleiche Kraftleistung zu entwickeln. Die Leistungsfähigkeit eines Lastträgers messe ich nicht daran, ob er Zentnerlasten einen Schritt wegtragen kann, sondern ob er fähig ist, in gleichem Schritt und Tritt eine mäßige Last stundenweit zu befördern.

Will ich mit Trèves' Methode einen Ermüdungszustand untersuchen, so handelt es sich stets um die Frage: Welches Gewicht kann im Zustande der Ermüdung — etwa nach fünfstündigem Unterricht — gerade noch dauernd gehoben werden?

Bei individuellen Unterschieden genügt die Angabe des Maximalgewichtes bei dauernder Leistung.

Tritt der Fall ein, daß bei der Anwendung der Methode von Trèves niemals eine regelmäßige Kurve zu erreichen ist, so haben wir es mit Kranken oder mit Simulanten (etwa „Faulpelzen") zu tun. An zwei Eigenschaften lassen sich solche Kurven diagnostizieren, erstens an ihrem plötzlichen Abbrechen. Die hysterische (Fig. 283) beginnt (rechts) mit einer ziemlichen Leistung und arbeitet auch recht gleichmäßig. Plötzlich aber kann sie durchaus keine Hebung mehr ausführen. Nein, es ist ihr „ganz unmöglich"! Nach ganz kurzer Pause aber geht es wieder vortrefflich. Ein solch plötzliches Abbrechen tritt bei Gesunden nie ein. Beim Veitstanz (Fig. 284) ist das Krankhafte der Leistung aus der großen Unregelmäßigkeit der Hebungen ohne weiteres ersichtlich.

In Figur 286 haben wir die Kurve eines Simulanten. Die Versuchsperson*), die übrigens mit der Ergographie wohl vertraut war, war gebeten worden, nur mit halber Kraft zu arbeiten, aber wohl darauf zu achten, daß die Kurve ganz gleichmäßig werde**). Wir sehen, wenn wir die Normalkurve (Fig. 285) zum Vergleich heranziehen, die wesentlichen Unterschiede. In Figur 287 arbeitet dieselbe Versuchsperson zuerst mit ganzer, dann mit halber, dann wieder mit ganzer Kraft. Auch hier zeigt sich beim Arbeiten mit ganzer Kraft ein regelmäßiger Abfall, beim Arbeiten mit halber Kraft aber eine ganz unregelmäßige Kurve.

Arbeitsunwillige Simulanten werden also mit dem Ergographen ebenso leicht entdeckt wie gewisse Nervenkranke.

III. Rhythmus und Arbeit.

Awramoff***) beabsichtigte zu untersuchen, welche Leistungen beim Arbeiten mit und ohne Rhythmus am Ergographen zu erreichen sind. Er machte dabei die merkwürdige Entdeckung, daß keine Versuchsperson zu finden war, die nicht schon nach zwei bis fünf Hebungen ganz von selbst in einen bestimmten Rhythmus überging.

*) Versuchsperson war Herr Lehrer Schlager aus Leipzig.
**) Die Kurve ist also eine „künstliche" Simulantenkurve.
***) Awramoff, D., Arbeit und Rhythmus. Philosophische Studien, Bd. 18, 1903.

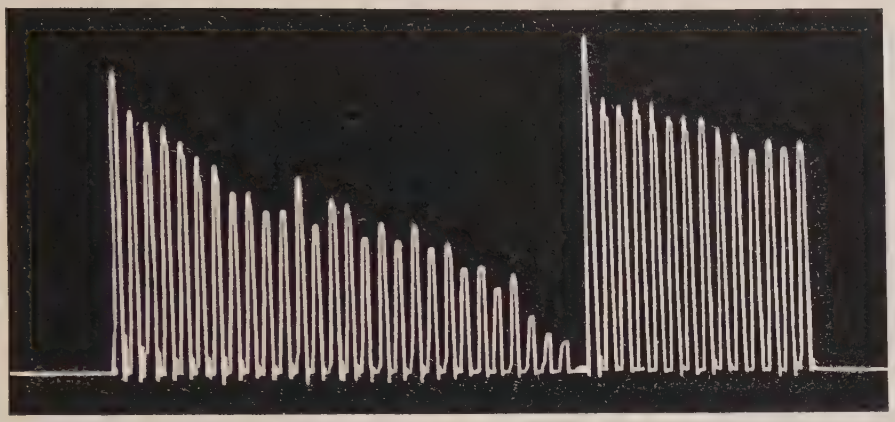


Fig. 280. Heben von $4^1/_2$ kg bis zur Erschöpfung, dann sofort $1^1/_2$ kg.

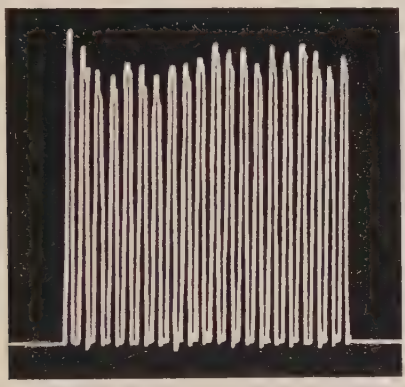


Fig. 281. „Unendliche" Kurve bei $1^1/_2$ kg Gewicht.

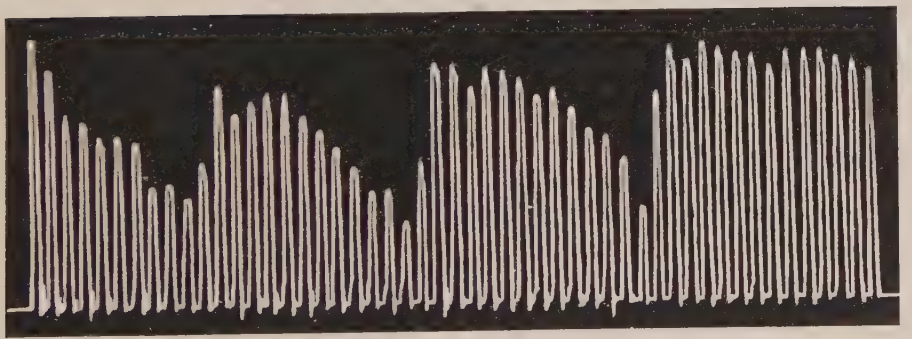


Fig. 282. Fortgesetzte Arbeit am Ergographen mit Verminderung des Gewichts nach der Methode von Trèves. Zuerst $4^1/_2$ kg, dann $3^1/_2$, dann $2^1/_2$ und zuletzt $1^1/_2$ kg.

Fig. 283. Ergographische Kurve einer Hysterischen; von rechts nach links zu lesen, in der Mitte eine Pause von zwei Minuten. (Aus Breukink, H., Über Ermüdungskurven bei Gesunden und bei einigen Neurosen und Psychosen. Journal für Psychologie und Neurologie. Bd. 4. 1904. A. Barth, Leipzig.)

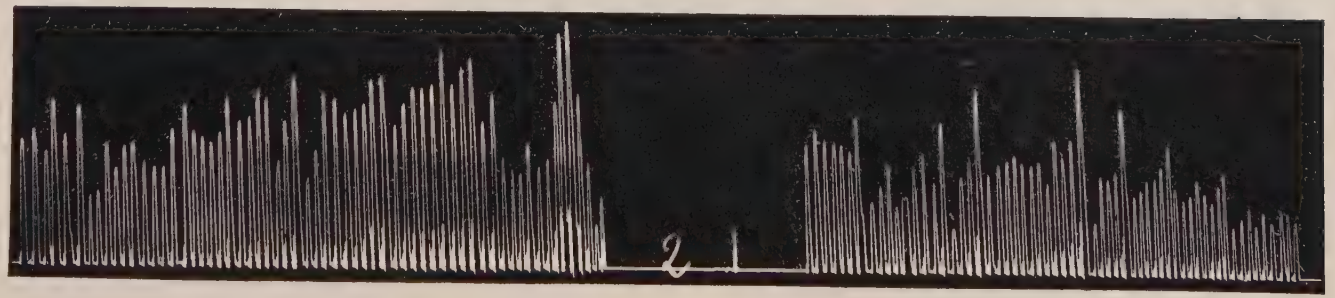


Fig. 284. Ergographische Kurve einer an Chorea (auf hysterischer Grundlage) leidenden Kranken. Die Kurve ist von rechts nach links zu lesen, in der Mitte eine Pause von zwei Minuten. (Aus Breukink, H., Über Ermüdungskurven bei Gesunden und bei einigen Neurosen und Psychosen. Journal für Psychologie und Neurologie. Bd. 4. 1904. A. Barth, Leipzig.)

Figur 288 zeigt dasselbe an einem Kinde, das zum ersten Male am Ergographen saß und dem ich aufgegeben hatte, die Hebungen „ganz nach

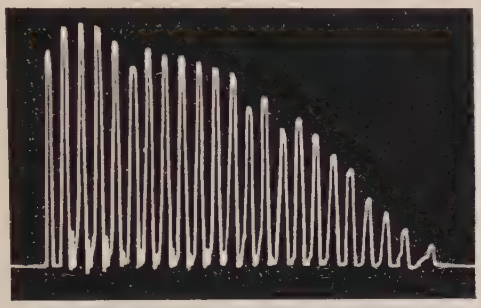


Fig. 285. Normalkurve: Heben mit ganzer Kraft.

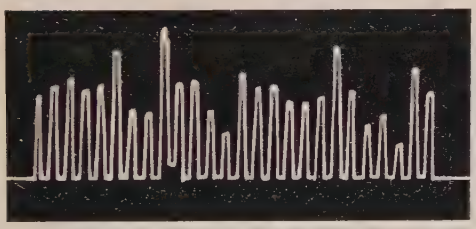


Fig. 286. Simulantenkurve: Heben mit halber Kraft.

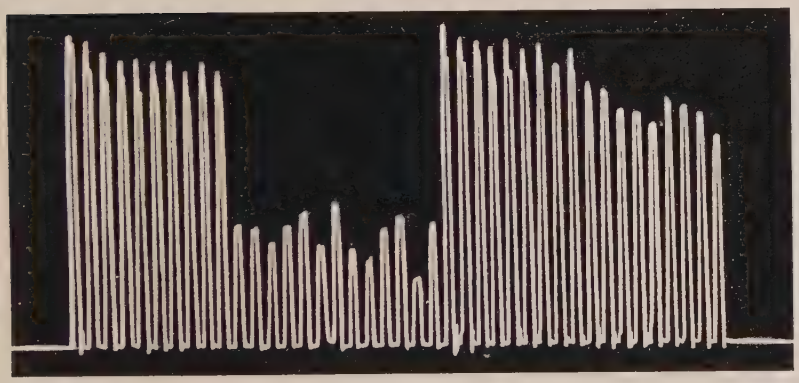


Fig. 287. Normalkurven und Simulantenkurve: Zuerst ganze, dann halbe, dann wieder ganze Kraft.

Belieben" auszuführen. Schon nach wenigen Zügen erfolgen die einzelnen Hebungen in ganz gleichen Zwischenräumen.

Es tritt hier die wichtige Tatsache in die Erscheinung, daß alle Arbeit rhythmisiert ist.

Lasse ich das Kymographion am Ergographenschreiber sehr schnell vorbeilaufen, so wird die einzelne Hebung sehr in die Länge gezogen. Bei Einzelhebungen, also ohne die Wirkung des Rhythmus, erhalte ich Kurven wie in

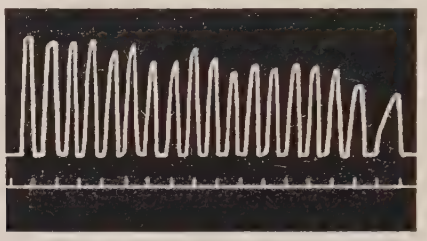


Fig. 288. Erste Ergographenkurve eines neunjährigen Kindes ohne Taktieren. (Die Zeitmarke ist nach der Arbeit des Kindes aufgezeichnet worden.)

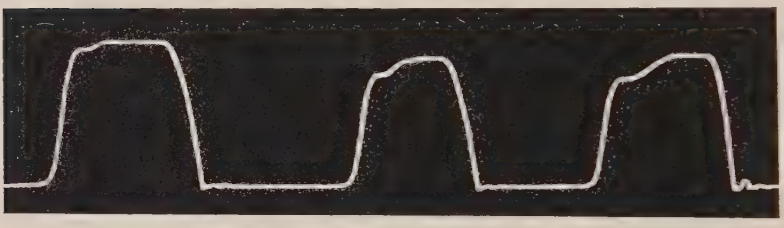


Fig. 289. Einzelhebungen am Ergographen ohne Takt.

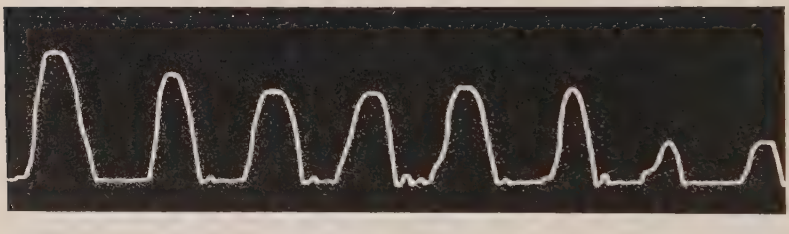


Fig. 290. Einzelhebungen am Ergographen mit Takt.

Figur 289, die sehr langgezogen sind und manchmal zwei Gipfel haben. Das bedeutet, daß man das Gewicht lange in der Höhe hält, ja manchmal noch eine Nachhebung ausführt, wodurch natürlich eine Menge Kraft verschwendet wird. Sobald durch Fortsetzung der Arbeit der Rhythmus auftritt, verkürzen sich die Kurven bedeutend (Fig. 290). Man hält das Gewicht nur kurze Zeit und erspart also viel Kraft.

Man erkennt hieraus die große Bedeutung der Rhythmisierung bei der Arbeit. Es scheint, als ob kleine Kinder einer geregelten rhythmischen Bewegung lange nicht in dem Maße fähig sind wie Erwachsene.

Die erste Frage, die für die Pädagogik zu entscheiden ist, ist also die, auf welcher Stufe die Kinder zu einer rhythmischen Tätigkeit fähig sind. Erst von dieser Zeit an gehören sie in eine Arbeitsschule*). Die „Spielschule", die ihr vorausgeht, müßte es als eine ihrer wesentlichen Aufgaben betrachten, den Sinn für rhythmische Bewegungen auszubilden. Rhythmische Spiele, Turnen, dem durch das Element der Musik die rhythmische Grundlage gegeben wird, haben hier ihre große Bedeutung.

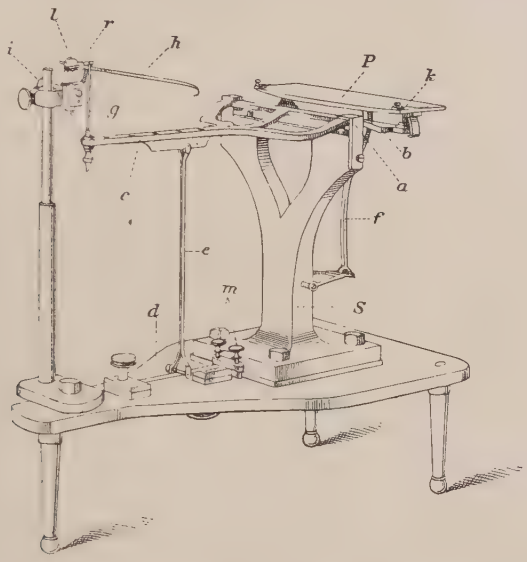


Fig. 291. Kraepelins Schriftwage. (Aus Kraepelins Psychologischen Arbeiten, Bd. II, S. 453. W. Engelmann, Leipzig 1899.)

Weiter kann man am Ergographen das individuelle Arbeitstempo untersuchen, indem man die Hebungen nach Belieben ausführen läßt. Es wird sich zeigen, inwieweit die einzelnen Schüler einer Klasse im Arbeitstempo voneinander abweichen.

Ferner ist es wichtig zu erfahren, wie sich die Kinder verhalten, wenn ihnen ein Arbeitstempo aufgezwungen wird, was ja im Massenunterricht oft nicht zu umgehen ist.

*) Zwingen wir sie vorher zur Arbeit, so erreichen wir nichts anderes, als daß sie mit einem ungeheuern Aufwand von Kraft unzweckmäßige Bewegungen ausführen. — Die Rhythmisierung der Bewegung als Vorbereitung zur Arbeit ist eine wichtige Aufgabe des Vorkursus im Elementarunterricht.

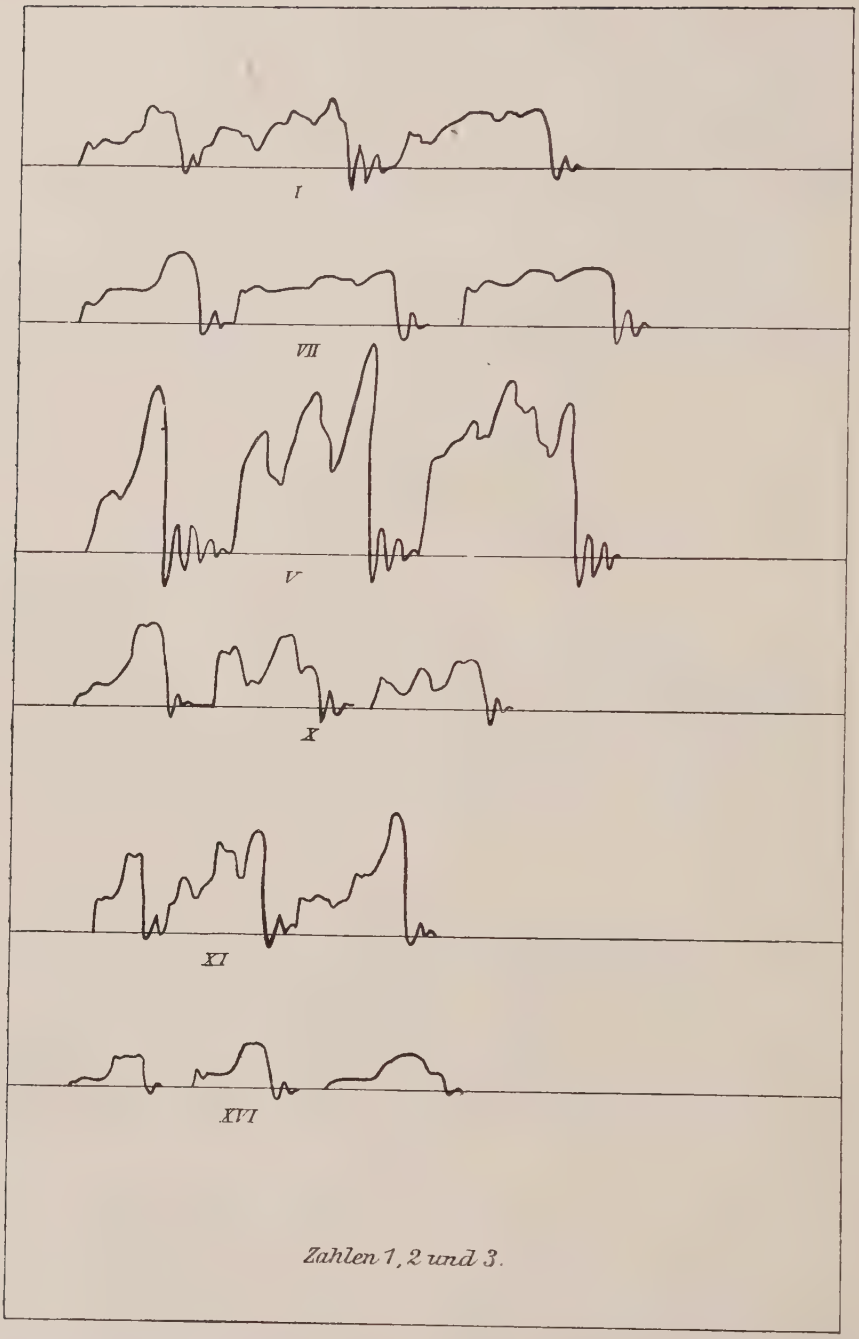


Fig. 292. Druckverhältnisse beim Schreiben der Zahlen 1, 2, 3 bei normalen Männern (I, V, VII) und Frauen (X, XI, XVI). (Aus Groß, A., Untersuchungen über die Schrift Gesunder und Geisteskranker. Kraepelins Psychol. Arbeiten II, Tafel IV. W. Engelmann, Leipzig.)

Man läßt die Kinder am Ergographen zunächst nach Belieben arbeiten: Individueller Rhythmus. Dann steigert man das Tempo*). Einige Kinder werden dabei mehr leisten. Man hat hier die gefunden, bei denen ein Antreiben angebracht ist. Andere leisten jetzt weniger. Bei ihnen wird also jedes künstliche Antreiben schädlich sein.

Endlich wird eine dritte Gruppe übrig bleiben, die sich einem vorgeschriebenen Tempo überhaupt nicht anpassen kann. Kinder, die sich nicht innerhalb gewisser Grenzen einem geforderten Arbeitstempo anbequemen können, sind für den Massenunterricht noch nicht reif.

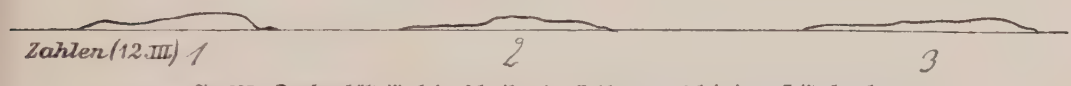


Fig. 293. Druckverhältnisse beim Schreiben der Zahlen 1, 2, 3 bei einem Geisteskranken.
(Aus: Groß, A., Untersuchungen über die Schrift Gesunder und Geisteskranker. Kraepelins Psychol. Arbeiten II, Tafel V. W. Engelmann, Leipzig.)

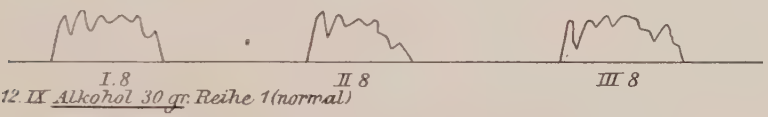


Fig. 294. Druckverhältnisse beim dreimaligen Schreiben der Zahl 8. Normalversuch.

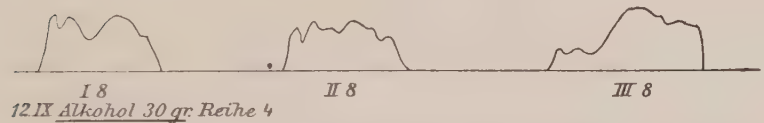


Fig. 295. Druckverhältnisse beim dreimaligen Schreiben der Zahl 8. Alkoholversuch.
(Aus: Mayer, M., Über die Beeinflussung der Schrift durch den Alkohol. Kraepelins Psychol. Arbeiten. Bd. III. W. Engelmann, Leipzig 1901.)

Will man besondere Arbeitsformen, z. B. das Schreiben untersuchen, so bedarf man dazu eigner Apparate, etwa der Schriftwage von Kraepelin (Fig. 291). Sie besteht aus einer Platte P, auf der das zu beschreibende Papier aufgelegt wird und die mit einem Hebelwerk in Verbindung steht, das den Schreiber h bewegt, sobald man einen Druck auf die Schreibfläche ausübt. Der Schreiber h wird an ein Kymographion angestellt, das mit 5 bis 6 cm in der Sekunde rotiert.

Figur 292 zeigt die Kurven von Gesunden beim Schreiben der Zahlen 1, 2, 3; Figur 293 die Kurven von einem Geisteskranken. Die letzteren fallen auf durch den minimalen Druck und die fehlende Rhythmisierung. Mayer**) hat ge-

*) Bei allen diesen Versuchen braucht man einen Taktierapparat, wozu man am bequemsten das Metronom verwendet.

**) Mayer, M., Über die Beeinflussung der Schrift durch den Alkohol. Kraepelins Psychologische Arbeiten, Bd. III, 1901. W. Engelmann, Leipzig.

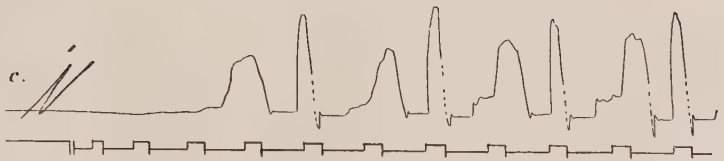


Fig. 296. i (mit Punkt) viermal geschrieben. Erwachsener.

Fig. 297. i (ohne Punkt) dreimal geschrieben. Zwölfjähriges Mädchen.

Fig. 298. i (mit Punkt) dreimal geschrieben. Elfjähriger Knabe.

Fig. 299. i (mit Punkt) einmal geschrieben. Sechsjähriger Knabe.

(Aus: Meumann, E., Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik. Bd. II, Seite 292 u. 293. W. Engelmann, Leipzig 1907.)

zeigt, wie unter dem Einfluß des Alkohols die feine Rhythmisierung des Drucks beim Schreiben, die der Schreibbewegung wahrscheinlich ihre Sicherheit und Vollkommenheit verleiht, verloren geht. In Figur 294 ist die Acht dreimal geschrieben, und jede Zahl zeigt in deutlichem Rhythmus einen sechsmal wechselnden Druck. Wie man in Figur 295 sieht, wo dieselbe Person unter Einwirkung des Alkohols arbeitete, ist diese feine Rhythmisierung verschwunden und hat einem unregelmäßigen Wechsel der Druckverhältnisse Platz gemacht.

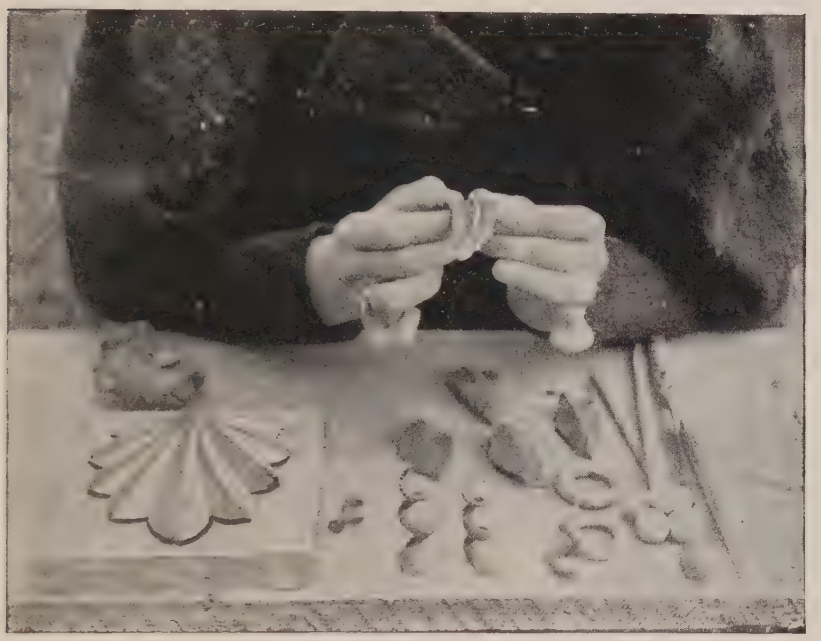


Fig. 300. Ungewollte Symmetrie der Bewegung beim Formen.
(Aus: Tadd, L., Neue Wege zur künstlerischen Erziehung der Jugend. K. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

Meumann*) benutzte nach dem Vorgang von Goldscheider einen Apparat, bei dem der Druck der Schreibfläche auf eine pneumatische Kapsel wirkte, die ihre Druckänderungen auf einen Marey'schen Tambour übertrug. Nach dieser Methode sind die Kurven (Fig. 296—299) geschrieben. Sie zeigen, mit welcher Langsamkeit und Kraftvergeudung das sechsjährige Kind arbeitet. Von einer rhythmischen Gliederung in Haupt- und Nebenimpulse, wie sie beim Erwachsenen auftritt, kann bei dem Sechsjährigen nicht die Rede sein.

*) Meumann, Vorlesungen usw.

Fig. 301. Koordination symmetrischer Muskelgruppen.
(Aus: Tadd, L., Neue Wege zur künstlerischen Erziehung der Jugend. R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

IV. Symmetrie der Bewegung.

Wenn ich mit der rechten Hand am Ergographen bis zur Erschöpfung gearbeitet habe und nun mit der linken Hand fortfahre, so zeigt sich, daß die linke Hand durch die Arbeit der rechten mit ermüdet ist. Sie leistet nicht dasselbe, was sie ohne vorherige Ermüdung der rechten Hand geleistet hätte. Das kommt daher, daß die Innervationen, die zur Kontraktion der Fingermuskeln

Fig. 302. Betätigung des linken Armes nach Vorübungen im beidarmigen Zeichnen.
(Aus: Tadd, L., Neue Wege zur künstlerischen Erziehung der Jugend. R. Voigtländers Verlag, Leipzig.)

der rechten Hand führen, auf die linke Seite überstrahlen, wenn sie auch nicht so stark zu sein brauchen, daß sich die Linke wirklich mit betätigt, was übrigens häufig eintritt.

Es wäre wichtig, diesen Verlust von Energie am Ergographen einmal zahlenmäßig nachzuweisen. Wenn er groß ist, so ist in allen Fällen, wo dies möglich, ein Heranziehen der symmetrisch gelegenen Körperteile zur Arbeit zu wünschen.

Die ungewollte, feine Symmetrie der Bewegung in der Figur 300 zeigt, daß eine solche symmetrische Betätigung etwas ganz Natürliches ist.

Die amerikanische Zeichenmethode hat sie systematisch ausgebildet (Fig. 301). Der Erfolg zeigt sich in Figur 302: Auch die linke Hand wird zuweilen selbständig zur Arbeit herangezogen, ein Arbeitswechsel, der im Interesse der gleichmäßigen Ausbildung des Körpers nur zu begrüßen ist.

M. Geistige Arbeit.

I. Untersuchungsmethoden.

1. Indirekte Methoden.

Wenn man irgendeine Seite der geistigen Arbeit, z. B. die Ermüdungserscheinungen, exakt messen will, so kann man direkte und indirekte Methoden anwenden. Die direkten Methoden bestehen darin, daß man in der geistigen Arbeit selbst ein Maß sucht. Die Schwierigkeit, auf diesem Wege zu einer exakten Messung zu gelangen, führte zu der Anwendung der indirekten Methoden, bei denen Begleiterscheinungen der geistigen Arbeit gemessen wurden. Natürlich wählte man solche Begleiterscheinungen, die eine besonders exakte Messung versprachen.

Die indirekten Methoden sind durch Mosso eingeführt worden, der von der Annahme ausging, daß bei der Herabsetzung der geistigen Leistungsfähigkeit auch die Muskelkraft abnimmt. Wenn das wahr ist, so könnte man mit dem Ergographen, der die Muskelkraft mißt, zugleich die Abnahme der geistigen Leistungsfähigkeit bestimmen*). Diese Annahme hat sich aber als irrig erwiesen. Auf keinen Fall sinkt die Muskelkraft proportional zur geistigen Kraft, sie kann also auch nicht ein Maß derselben abgeben. Ja, es sind Fälle möglich, wo beim Sinken der geistigen Leistung die körperliche Kraft steigt und umgekehrt.

Von vielen Forschern ist die Untersuchung der Raumschwelle durch den Tasterzirkel gebraucht worden, indem man von der Vermutung ausging, daß im Zustande geistiger Ermüdung die Entfernungsschätzung ungenauer ist als bei geistiger Frische. Aber auch die Tasterzirkelmethode hat zu durchaus negativen Resultaten geführt.

Es erscheint darum nicht angebracht, die Anzahl der indirekten Methoden noch weiter zu bereichern. Es wird notwendig sein, auf die Exaktheit des Maßes, wie es durch gewisse indirekte Verfahrungsweisen geliefert werden könnte, von vornherein zu verzichten und sich vor Augen zu halten, daß bei der Prüfung geistiger Arbeit ein zuverlässiges Maß nur aus dieser Arbeit selbst entnommen werden kann.

---

*) Mit derselben Begründung hat man das Dynamometer (Fig. 6—8) zum Messen der geistigen Ermüdung benutzt. Dieser Apparat, der nur eine einmalige Muskelleistung prüft, genügt aber nicht einmal zu einer genaueren Prüfung der körperlichen Leistungsfähigkeit und ist nur zur Feststellung grober Unterschiede (Krankheitszustände usw.) zu gebrauchen.

2. Direkte Methoden.

Der Vorzug der direkten Methoden, die als Maß der geistigen Leistung die geistige Arbeit selbst benutzen, liegt nach dem Gesagten darin, daß hier wirklich das Maß dem gemessenen Gegenstande direkt proportional zu setzen ist. Die Schwierigkeit aber besteht in der Aufgabe, die geistige Arbeit so zu gestalten, daß eine Maßeinheit vorhanden ist.

Kraepelin ließ einstellige Ziffern addieren. In der Anzahl der Ziffern, die in einer bestimmten Zeit addiert werden, hat man ein Maß der Leistung, ferner in der Anzahl der vorgefundenen Fehler. Kraepelin schrieb eine große Anzahl einstelliger Zahlen untereinander und ließ sie im Kopfe addieren. Ich habe diese Methode dahin abgeändert, daß ich immer nur zwei Zahlen untereinander schrieb, die zu addieren sind, wie folgende Reihe zeigt, bei der die ersten Rechnungen ausgeführt sind:

4	2	8	4	2	3	9	9	5	4	6	5	4	3	1
7	9	2	9	3	8	3	8	2	6	5	4	1	3	5
11	11	10	13											

Um nicht mit dem Schreiben Zeit zu verlieren, ließ ich von den zweistelligen Zahlen gewöhnlich nur die Einer schreiben, anstatt 11 : 1, anstatt 10 : 0, anstatt 13 : 3.

Als Maßeinheit gebraucht man hier die einzelne Aufgabe, wobei Voraussetzung ist, daß die Aufgaben in bezug auf die anzuwendende geistige Arbeit gleichwertig sind. Das ist natürlich nicht der Fall, doch darf man hoffen, daß bei einer großen Anzahl von Versuchen sich die Fehler ausgleichen. Die Aufgaben müssen selbstverständlich regellos durcheinander geworfen sein. Man erreicht das am besten, wenn man sämtliche mögliche Aufgaben auf je einen Zettel schreibt, die Zettel durcheinander mischt und nun die Reihenfolge durch das Los bestimmt.

Der einzelne Versuch verläuft in der Weise, daß die Kinder zunächst mit dem Löschblatt die Aufgaben verdecken, daß man dann mit dem Anfang einer Minute den Kindern „Jetzt" zuruft, worauf sie mit Arbeiten anfangen. Aller Minuten oder aller fünf Minuten ruft man „Strich". Die Kinder haben dabei hinter das letzte Resultat einen Strich zu machen und weiter zu rechnen, bis mit einem „Halt" der Versuch beendet ist. Die Resultate werden mit Bleistift aufgeschrieben*).

Man berechnet nun von Minute zu Minute oder besser von fünf Minuten zu fünf Minuten die Anzahl der Resultate und hat an diesen Zahlen ein Maß

*) Will man die Dauer jeder einzelnen Leistung untersuchen, so benutzt man den von Prof. Kraepelin angegebenen Schreibstift (Fig. 303). Sobald ich ihn auf das Papier setze, wird ein elektrischer Kontakt geschlossen, den man dazu benutzen kann, auf eine Kymographiontrommel ein Zeichen abzusetzen. Bei jeder neuen geschriebenen Zahl entsteht auf der Trommel ein neues Zeichen. Aus der Entfernung der Zeichen kann ich die auf die einzelnen Aufgaben verwendete Zeit berechnen.

der Leistungsfähigkeit, vorausgesetzt, daß die Kinder nicht fehlerhaft gerechnet haben. Will man sich ein übersichtliches Bild vom Verlauf der Arbeit verschaffen, so ordnet man sich die Zahlen in eine Kurve.

Das Gegenstück zu Kraepelins Rechenmethode bildet die Kombinationsmethode von Ebbinghaus*), der den Versuchspersonen Texte von folgender Form vorlegte:

Belagerung Kolbergs. 1807.

Da der Feind fortf . . ., an . . . neuen Schanze am Sandwege . . . angestr . . . Eifer zu . . . . . so hatte unser neuer Kommandant gleich . . . . . ersten Nacht . . . Hiersein einen Aus . . . . . dieselbe angeordnet, der von . . . Trupp Grenadiere und . . ., etwa hundert . . . stark, in mög . . . Stille unter n . . . wurde.

Diese Texte sind von der Versuchsperson zu ergänzen. Man erkennt, von welcher Überlegung Ebbinghaus ausging. Er wollte mehr die höheren geistigen Fähigkeiten treffen, das „Kombinieren". Die Rechenmethode war ihm zu

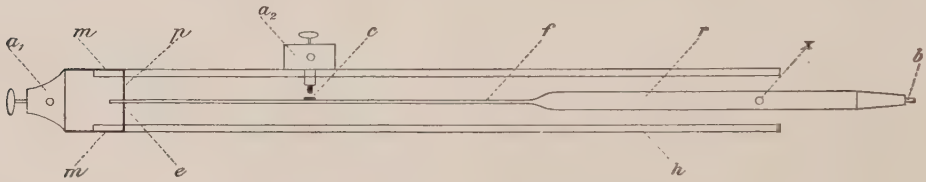


Fig. 303. Elektrischer Schreibstift (nach Kraepelin).
(Aus Kraepelins Psychologischen Arbeiten. Bd. II, S. 400. W. Engelmann, Leipzig 1899.)

mechanisch. Die Kombinationsmethode hat dagegen den Nachteil, daß hier die Bewertung der Ergebnisse eine außerordentlich schwierige ist. Es ist wohl ausgeschlossen, einen Text herzustellen, bei dem die Kombinationsaufgaben von Anfang bis Ende eine auch nur annähernd gleiche Schwierigkeit haben.

Zwischen diesen beiden Methoden gibt es nun eine Menge von Abstufungen, man kann schließlich jede geistige Arbeit zur Prüfung verwenden, also Abschreiben von Buchstaben und Ziffern, Lesen, Rechnen mit kleinen und größeren Zahlen, Aufschreiben von Buchstaben, Wörtern und Sätzen nach Diktat u. s. f. Je mehr sich eine Methode der Schularbeit annähert, ohne dabei eine gewisse Gleichförmigkeit des Materials vermissen zu lassen, die eine exakte Messung ermöglicht, desto vorzüglicher ist die Methode.

Im allgemeinen wird es zu empfehlen sein, vorerst mit den exakteren Methoden (Kraepelins Rechenmethode) zu arbeiten, selbst auf die Gefahr hin, daß man ein gut Teil rein mechanischer, körperlicher Arbeit mit in den Kauf nehmen muß.

*) Zeitschrift für Psychologie, herausgeg. von Ebbinghaus. Bd. XIII, 1896 und Bd. XXX, 1901.

Legt man aber Wert darauf, die höheren geistigen Funktionen zu prüfen (Kombinationsmethode), so sollte man wenigstens, wenn möglich, nebenher eine Untersuchung mit den exakteren Methoden laufen lassen.

Die Auswahl der Methode hängt natürlich wesentlich mit von dem speziellen Zweck ab, den die Einzeluntersuchung verfolgt*).

II. Deutung der Arbeitskurve.

1. Geistige Leistungsfähigkeit.

Lasse ich eine Schulklasse eine Viertelstunde lang oder auch nur fünf Minuten Zahlen addieren**), so habe ich zunächst in den gewonnenen Zahlen ein Maß der Leistungsfähigkeit für diese Arbeit, und zwar ein in Zahlen ausdrückbares Maß. Besonders interessieren uns dabei individuelle Unterschiede. Ich konnte z. B. feststellen, daß in meiner Klasse die Beste mehr als fünfmal so schnell rechnete als die Langsamste.

Lasse ich die Kinder jeden Tag zur selben Zeit fünf Minuten rechnen, so stellen sich die Wirkungen der Übung ein. In Figur 304, Kurve 1 sehen wir, daß die Kinder am ersten Tage insgesamt noch nicht 4500 Aufgaben rechneten, am letzten Tage über 8500, eine gewaltige Zunahme. Vergleiche ich Anfangs- und Endleistung bei jedem einzelnen Kinde, so treten große Unterschiede in der Übungsfähigkeit zutage. Die schwächste Schülerin zeigte ganz geringe Übungsfähigkeit, die zweitschwächste aber stieg in ihrer Leistung von 100 auf 300, so daß sie weit über den Durchschnitt kam. Solche Zahlen geben einen tiefen Einblick in die Veranlagung der einzelnen Kinder.

Mit den Fünfminutenversuchen ist es auch möglich, den Verlauf der Leistungsfähigkeit während eines ganzen Tages zu untersuchen. Ich lasse die Kinder um 7,

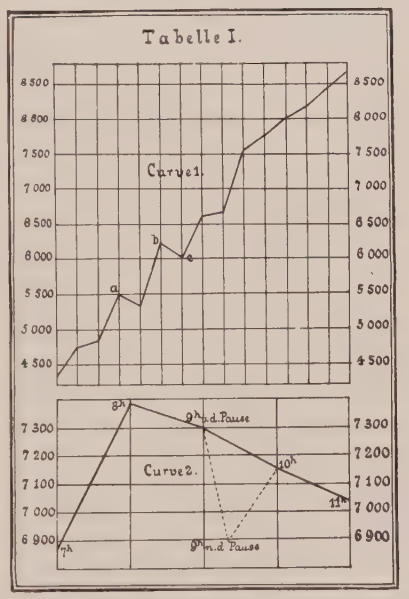


Fig. 304. Übungs- und Ermüdungskurve. (Aus: Praktischer Schulmann, 1904, S. 233. Klinkhardt, Leipzig.)

*) In Meumanns Vorlesungen sind die Methoden zur Prüfung der geistigen Arbeit ausführlich abgehandelt.

**) Als Beispiel zu den folgenden Ausführungen benutze ich einige Versuche, die ich nach der Kraepelinschen Addiermethode an Kindern und Erwachsenen ausgeführt habe. (Vgl. R. Schulze, Übung und Ermüdung. Der praktische Schulmann, Leipzig 1904, 3. Heft.)

8, 9, 10, 11 Uhr je fünf Minuten lang rechnen und sehe daraus, welchen Einfluß die Schularbeit selbst auf die Höhe der Leistungsfähigkeit ausübt.

Bei solchen Versuchen erscheinen nun fast stets recht komplizierte Kurven (vgl. Fig. 304, Kurve 2). Zuerst erfolgt meist ein Ansteigen, dann ein Sinken der Leistung. Schon hieraus erkennt man, daß man es mit zwei Faktoren zu tun hat, die während des Verlaufes jeder Arbeit dauernd einwirken: Übung und Ermüdung.

2. Ideelle Übungs- und Ermüdungskurve.

Um einen klaren Einblick in den Verlauf einer komplizierten Arbeitskurve zu erhalten, ist es wünschenswert, sich durch einige Vorüberlegungen einen Begriff von dem wahrscheinlichen Verlauf der reinen Übungs- und Ermüdungskurve zu verschaffen.

Wir nehmen an, die Kinder leisten in der ersten Minute 500 Aufgaben (Fig. 305, Kurve 3). Infolge der Übung sind sie in der zweiten bis auf 700 gekommen. Es ist nun unmöglich, daß in jeder Minute 200 Aufgaben dazukommen, wir würden dann ja bald zu so gewaltigen Leistungen steigen, wie sie tatsächlich nie auftreten. Wir müssen also annehmen, daß die Übungskurve allmählich flacher wird, wie Kurve 3 andeutet, und daß sie schließlich wagerecht verläuft. Wir wissen ja, daß bei allen Tätigkeiten schließlich ein Zeitpunkt eintritt, wo keine Erhöhung der Leistung mehr erreicht werden kann. Finden wir also eine Übungskurve wie die in Figur 304, Kurve 1, die annähernd geradlinig verläuft, so können wir schließen, daß die Übungsfähigkeit bei weitem noch nicht ihre äußerste Grenze erreicht hat. Wir sind im Anfangsstadium der Übung. So kann man aus dem Übungsverlauf selbst einen Einblick erhalten in das Übungsstadium, in dem sich ein Kind zurzeit befindet.

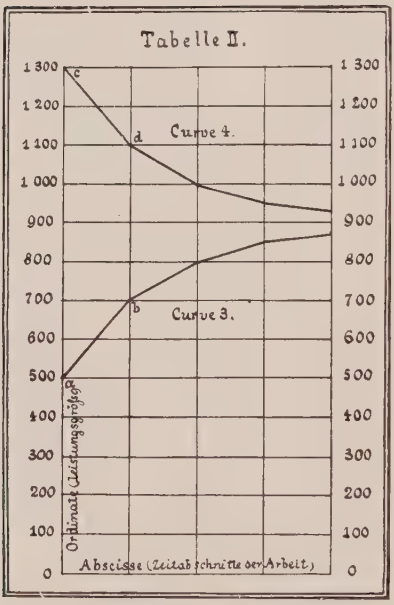


Fig. 305. Ideelle Übungs- und Ermüdungskurve. (Aus: Praktischer Schulmann, 1904, S. 236. Klinkhardt, Leipzig.)

In ähnlicher Weise können wir den wahrscheinlichen Verlauf der Ermüdungskurve rein theoretisch ableiten. Daß die Ermüdung die Leistung herabsetzt, ist bekannt. Leisten also die Kinder in der ersten Minute 1300 Aufgaben, so ist die Leistung in der zweiten Minute, vorausgesetzt, daß keine Übung mehr stattfindet, vielleicht auf 1100 gesunken. Wenn das Abnehmen in gleichem Verhältnis fortschritte, so hätten wir in der dritten Minute 900, in der vierten 700, in der

fünften 500, in der sechsten 300, in der siebenten 100 Aufgaben und in der achten kämen wir mit — 100 in die negative Leistung. Das hat offenbar keinen Sinn. Wir müssen also annehmen, daß auch die Ermüdungskurve sich allmählich der Wagerechten annähert, im umgekehrten Sinne wie die Übungskurve.

Nun kommt in Wirklichkeit jede Arbeitskurve unter dem Einfluß von Übung und Ermüdung zustande.

In Figur 306 sehen wir, welche komplizierte Formen dadurch entstehen können. Nehmen wir an, die Ermüdung der Kinder nehme stets den Verlauf wie in Kurve 5. Sind die Kinder im Anfangsstadium der Versuche, so wird die reine Übungskurve sehr steil verlaufen (Kurve 5 a). Rechne ich nun vom Nullpunkte an in jedem Zeitabschnitt zusammen, was durch die Ermüdung verloren und durch die Übung gewonnen wird, so erhalten wir die komplizierte Kurve 5 A. So ungefähr müßte die Arbeitskurve im Anfangsstadium der Arbeit aussehen.

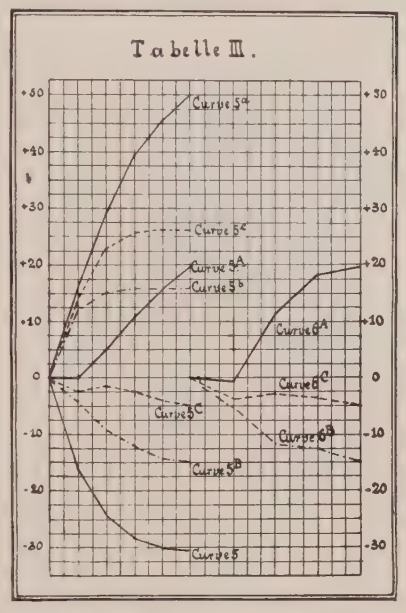


Fig. 306. Mathematisch konstruierte und wirkliche Arbeitskurven.
(Aus: Praktischer Schulmann, 1904, S. 238. Klinkhardt, Leipzig.)

Sind die Kinder schon geübter, so wird die Übungskurve beim Einzelversuch nicht mehr bedeutend steigen (Kurve 5 c). Kombiniere ich die Kurve wieder mit der Ermüdungskurve 5, so erhalte ich 5 C, also eine ziemlich wagerecht verlaufende, schon etwas abfallende Kurve.

Am Ende einer langen Übungsperiode wird im einzelnen Versuch nur eine noch geringere Übung auftreten (5 b). Das gibt mit der Ermüdungskurve zusammen die Kurve 5 B, die schon sehr der reinen Ermüdungskurve ähnelt. Demnach müßten wirkliche Arbeitskurven im Anfange der Übung aussehen wie 5 A, nach mittlerer Übung wie 5 C, nach starker Übung wie 5 B.

Nun habe ich in den Kurven 6 A, 6 C, 6 B die wirklichen Arbeitskurven der Kinder beim ersten, beim mittelsten und beim letzten Versuch daneben gestellt. Man sieht, wie ähnlich die berechneten den wirklichen Kurven sind. Und man erkennt daraus, daß man schon allein aus dem Zusammenwirken von Übung und Ermüdung recht komplizierte, gebrochene Kurven erklären kann.

Schalte ich in eine Arbeit eine Pause ein, so erfolgt zweierlei: erstens eine Erholung von der Ermüdung und zweitens ein Verlust von Übung. Je nachdem, ob die Erholung oder der Übungsverlust bedeutender ist, wird die Leistung nach der Pause größer oder geringer sein. In Figur 304, Kurve 2 war beispielsweise der Übungsverlust in der Pause um 9 bedeutend größer als die Erholung, infolgedessen ist die Leistung direkt nach der Pause sehr gering.

3. Wirkliche Übungs- und Ermüdungskurve.

Will ich die Übungskurve rein demonstrieren, so muß ich, wie schon gesagt, dieselbe Arbeit mit genügenden Ruhepausen jeden Tag wiederholen.

Hätte ich meinen Versuch mit den Kindern noch länger fortgesetzt, so würde die in Figur 304, Kurve 1 noch ziemlich geradlinig verlaufende Übungskurve schon allmählich sich der Wagerechten genähert haben. Das tritt eben normalerweise erst nach einer vieltägigen Übung ein.

In Figur 307 sehen wir die Leistungen von Telegraphenanwärtern, die sich auf ihr Examen vorbereiten. Die Telegraphengesellschaft verlangt als Mindestleistung etwas über 70 Buchstaben beim Aufnehmen und Absenden eines Telegramms in der Minute. (Slowest Main Line Rate.)

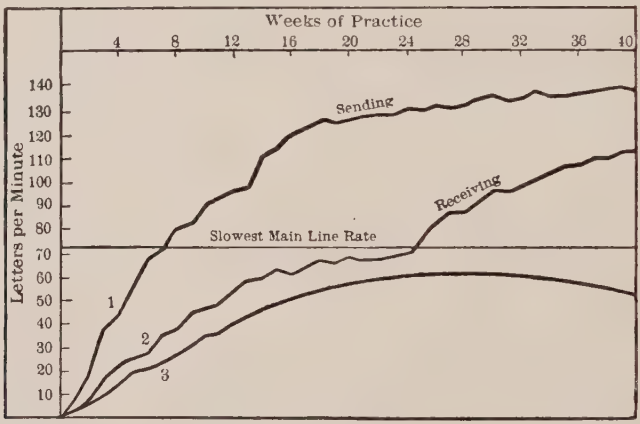


Fig. 307. Übungskurven im Abgeben und Aufnehmen eines Telegramms.
(Bryan and Harter, Studies in the physiology and psychology of the telegraphic language. Psychological Review. Vol. IV. — Nach Hall, Adolescence.)

Das Abgeben der Telegramme (Sending) lernt sich bei weitem leichter. Schon in der achten Woche hat der Zögling sein Ziel erreicht, und in der 40. Woche verläuft die Übungskurve völlig parallel, und sie zeigt im ganzen den Verlauf, wie wir ihn beschrieben haben: erst steilen, dann allmählichen Aufstieg.

Das Aufnehmen des Telegramms (Receiving) ist schwerer zu erlernen. Die Übungskurve flacht sich bald ab, und die Übung scheint in der 20. Woche zu Ende zu sein. Das Ziel ist noch nicht erreicht. Da setzt sich scheinbar eine neue, nach demselben Gesetz verlaufende Kurve auf, die selbst in der 40. Woche noch nicht völlig abgeflacht ist.

Treten solche Kurven auf, so ist es möglich, daß in dem einen Prozeß zwei gesonderte Elemente enthalten sind, die für sich geübt werden. Die Kurve gibt

uns dann Veranlassung, eine Analyse des komplizierten Prozesses zu versuchen. Gelingt dieselbe, so wird eine pädagogische Beeinflussung um so leichter sein.

Wollen wir die Ermüdungskurve rein erhalten, so müssen wir zunächst einen Arbeitsprozeß, also etwa das Addieren, so gut einüben, daß keine nennenswerte Übung mehr erfolgt, daß also die Übungskurve nahezu wagerecht verläuft. Dann läßt man diese Tätigkeit stundenlang hintereinander ohne Pause ausführen.

Um hier die körperliche Ermüdung von der geistigen getrennt zu untersuchen, ließ ich das eine Mal vier Stunden lang nur die Zahlen abschreiben,

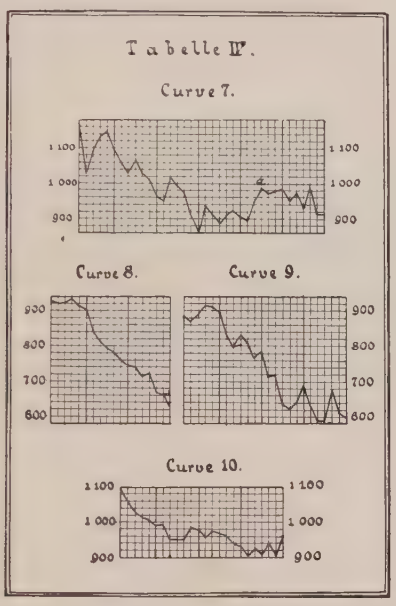


Fig. 308. Körperliche Ermüdung: Kurve 10, vierstündiges Abschreiben von Ziffern. Geistige Ermüdung: Addieren ohne Aufschreiben der Resultate. Kurve 8 Vormittag (3 Std.); Kurve 9 Nachmittag (4 Std.); Kurve 7 Vormittag (6 Std.). (Aus Praktischer Schulmann, 1904, S. 241. Klinkhardt, Leipzig.)

nicht addieren, wobei als Hauptleistung die körperliche Arbeit des Schreibens in Betracht kommt (Fig. 308, Kurve 10); das andere Mal ließ ich addieren, ohne daß die Resultate geschrieben wurden, vormittags drei Stunden (Kurve 8), nachmittags vier Stunden (Kurve 9*). Die Muskelermüdungskurve zeigt die reine Form der Ermüdungskurve: erst steilen, dann allmählichen Abfall. In den Rechenkurven war immer noch etwas Übung zu merken. Ich stellte darum noch einen Versuch mit mir selbst an, indem ich erst in monatelangen Vorversuchen

*) Versuchsperson: Herr Weise von der 6. Bezirksschule in Leipzig.

meine Rechenfertigkeit so lange übte, bis keine Zunahme mehr erfolgte. Dann rechnete ich an einem Tage sechs Stunden lang hintereinander*). Auch hier ist das Resultat, abgesehen von einigen mächtigen Schwankungen, steiler Abfall im Anfang, allmähliche Abflachung bis zu wagerechtem Verlauf (Fig. 308, Kurve 7).

Bemerkenswert ist die Stelle a der Kurve in der fünften Stunde. Zu dieser Stunde wurden die Schmerzen in der Hand, die das Nachzeigen der Aufgaben besorgt hatte, unerträglich; ich nahm unwillkürlich die Hand herunter und schlug damit gegen die Knie. Wahrscheinlich sind durch diese unbeabsichtigte Massage die Ermüdungsstoffe aus den Muskeln der Hand entfernt worden. Der Muskel war nun wieder leistungsfähiger, und sofort steigt die Leistung beträchtlich**). Dieser Fall weist mit aller wünschenswerten Deutlichkeit darauf hin, wie jede geistige Arbeit an eine körperliche Leistung gebunden ist und daß demnach das Problem der geistigen Arbeit nur im Zusammenhang mit der Frage der körperlichen Arbeit zu lösen ist.

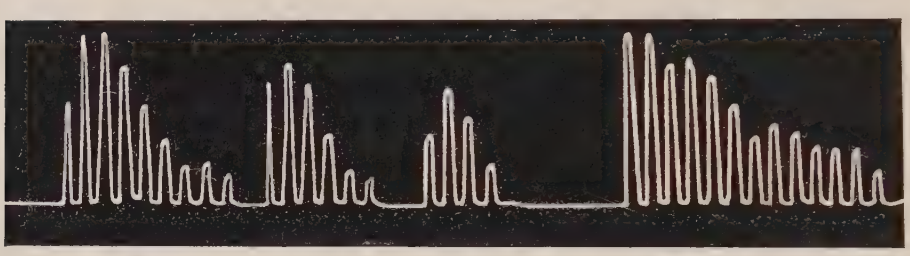


Fig. 309. Wirkung der Massage auf die Muskelleistung.

4. Weitere Komponenten der Arbeitskurve.

Kraepelin hat mit seinen Schülern die weiteren Komponenten der Arbeitskurve zu erforschen gesucht. Außer Übung und Ermüdung hebt er noch folgende Faktoren hervor:

1. Die Gewöhnung an die Arbeit (in Fig. 310 Kurve G), die ähnlich wie die Übung ansteigt und vielleicht nicht streng von ihr zu scheiden ist.
2. Die Anregung (R), die ein Ansteigen der Kurve im Anfang bewirkt.
3. Die Kurve der Willensspannungen (W), die von Anfang an stark absinkt und dann unregelmäßige Schwankungen zeigt.

*) Assistent: Herr Niceus von der 6. Bezirksschule in Leipzig.

**) Auch bei der Arbeit am Ergographen wird die Leistung des ermüdeten Muskels durch Massage bedeutend erhöht. Die ersten drei Kurven in Figur 309 sind Ermüdungskurven, die (im Verlauf einer längeren Reihe) hintereinander in Pausen von fünf Sekunden aufgenommen wurden. Nach der dritten Kurve wurden die fünf Sekunden dazu benutzt, die Hand tüchtig zu schütteln. Durch diese unvollkommene Massage wurde die Leistung beträchtlich erhöht, wie die vierte Kurve zeigt.

Die Kurven der Übung (U) und Ermüdung (E) verlaufen nach Kraepelin geradlinig, was unserer Auffassung nicht entspricht.

A ist die wirklich beobachtete Arbeitskurve, die Kraepelin auf diese Weise definiert.

Die Einzelheiten müssen bei Kraepelin*) selbst oder bei Meumann**) nachgelesen werden.

Für alle Versuche möchte ich empfehlen, zur Erklärung der Erscheinung sich zuerst auf die Diskussion der Übungs- und Ermüdungserscheinungen zu beschränken, damit das Problem nicht von Anfang an unübersehbare Schwierigkeiten bereitet.

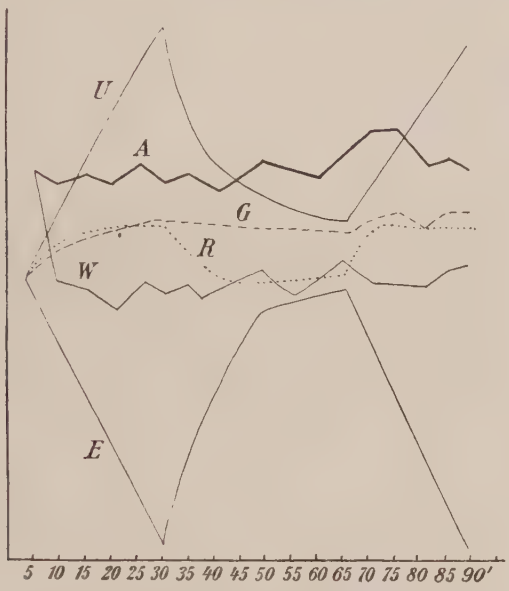


Fig. 310. Komponenten der Arbeitskurve (nach Kraepelin).
(Aus: Wundt, Grundzüge der physiolog. Psychologie, Bd. III, 624. W. Engelmann, Leipzig.)

Zu Kraepelins schematischer Zeichnung (Fig. 310) ist noch zu sagen, daß nur 30 Minuten gerechnet wurde und daß dann eine Pause eintrat. Wir sehen, wie während dieser Pause die verschiedenen Faktoren wirksam sind, wie die Ermüdung in die Erholung umschlägt, die Übung in den Übungsverlust usw. Nach etwa halbstündiger Pause beginnt dann die neue Arbeit, und die sämtlichen Faktoren wirken wieder ähnlich wie im Anfang.

*) Kraepelin, Die Arbeitskurve. Leipzig 1902. — Außerdem verschiedene Arbeiten in Kraepelins psychologischen Arbeiten, Bd. 1—4.

**) Meumann, Vorlesungen usw. — Die pädagogisch wichtigen Folgerungen aus den Ergebnissen der Arbeitslehre sind bei Meumann ausführlich dargestellt.

N. Psychische Korrelationen.

Überblicken wir am Ende unsres Buches die Methoden, die in teilweise vorzüglicher Ausbildung der experimentellen Psychologie und Pädagogik zur Verfügung stehen, so ergreift uns trotz aller Fülle oder vielleicht gerade wegen der Fülle der zu Gebote stehenden Methoden ein gewisses Gefühl des Unbefriedigtseins. Wir können genau die Unterschiedsempfindlichkeit für Farben, die Richtung unsrer Assoziationstätigkeit, die Treue unsres Gedächtnisses messen, wo ist aber die Methode, die der Tatsache gerecht wird, daß unsere Psyche nicht eine Summe von Unterschiedsempfindlichkeiten und Reproduktionstendenzen ist, sondern ein einheitliches Ganze darstellt, dessen Vorhandensein in Worten wie allgemeine Intelligenz, Charakter, Persönlichkeit vom naiven Bewußtsein ohne weiteres dekretiert wird und dessen Erforschung darum eine der wichtigsten Aufgaben der Psychologie sein muß? Wo sind die Methoden, die nicht bloß gestatten, die Wirkung einer Erziehungsmaßnahme auf eine einzelne Fähigkeit, etwa das Gedächtnis zu prüfen, die uns vielmehr ein Mittel an die Hand geben, das Ganze der Erziehung von einheitlichen Gesichtspunkten aus exakt zu erforschen?

Der Drang nach Einheitlichkeit, der der menschlichen Seele so tief eingeprägt ist, hat denn auch die Forscher mit unwiderstehlicher Gewalt ergriffen, die sich der experimentellen Methoden in der Psychologie bedient haben, und er hat zu höchst voreiligen Versuchen geführt, die allgemeine geistige Leistungsfähigkeit, die general intelligence der amerikanischen Forscher, mit einem kühnen Griffe zu fassen. In einzelnen Prüfungen, den tests der Amerikaner, versuchte man ein Maß für diese „allgemeine Intelligenz" zu finden, und man benutzte dazu abwechselnd beinahe alle Methoden, die von der Psychologie überhaupt bisher ausgebildet worden sind. Aber alle diese Versuche mußten fehlschlagen. Besonnene Forscher versuchten einen andern Weg. Es wurde eine ganze Testserie entworfen, d. h. man suchte den menschlichen Geist zu beschreiben durch gleichzeitige Angaben über Unterschiedsempfindlichkeiten, Gedächtnis, Kombinationsgabe usw. Aber auch bei dieser Methode ist das Resultat ein negatives: Sie endet mit der Erkenntnis, daß sich der menschliche Geist eben nicht als eine Summe von Einzelerscheinungen definieren läßt.

Erst in der allerneuesten Zeit ist ein Weg gezeigt worden, der mehr Erfolg verspricht. Man verzichtet auf die aprioristische Annahme, daß eine meßbare

general intelligence vorhanden ist, und geht auch diesem großen Probleme der Psychologie empirisch zu Leibe, indem man die Frage nach den gegenseitigen Beziehungen, den Korrelationen der einzelnen geistigen Funktionen, aufwirft und so allmählich, von unten herauf, zu den „Zentralfaktoren" aufzusteigen sucht, die als bestimmend für die ganze Struktur der psychischen Verhältnisse angenommen werden müssen*).

I. Korrelationsrechnung.

Auch auf dem Gebiete der psychischen Beziehungen werden wir nur dann einen entscheidenden Schritt vorwärts tun können, wenn wir exakte mathematische Methoden anwenden, die uns für diesen Zweck die Korrelationsrechnung liefert. Die wesentlichen Formeln derselben sollen an einem Beispiel entwickelt werden**).

1. Die Korrelationsformel.

Krueger und Spearman***) untersuchten elf Personen mit folgenden fünf Methoden, die uns alle bekannt sind. Sie prüften

1. Das Addieren nach der Kraepelinschen Rechenmethode.
2. Das Kombinieren nach der Ebbinghausschen Kombinationsmethode.
3. Die Unterschiedsempfindlichkeit für Töne, gemessen durch die Anzahl von Schwingungen, bei der zwei Töne eben unterschieden werden konnten.
4. Die Raumschwelle, gemessen am Jochbein mit dem Tasterzirkel.
5. Das Auswendiglernen, gemessen durch Lernen von Zahlen.

*) Das Korrelationsproblem soll hier ausführlich behandelt werden, weil es in der Pädagogik bisher gänzlich vernachlässigt worden ist. Auch Meumann geht in seinen „Vorlesungen" nicht darauf ein. Man vergleiche die höchst beachtenswerte kritische Besprechung der „Vorlesungen" von G. Deuchler in den Pädagogisch-psychologischen Studien 1908, Nr. 7 und 8.

**) Für das Studium der psychischen Korrelationen kommt in erster Linie in Betracht:

1. Krueger, F. und Spearman, C., Die Korrelation zwischen verschiedenen geistigen Leistungsfähigkeiten. Zeitschrift für Psychologie, Bd. XXXXIV. A. Barth, Leipzig 1906.
2. Spearman, C., „General Intelligence", objectively determined and measured. American Journal of Psychology. Vol. XV. 1904.

Die ersten Kapitel dieser Arbeit sind übersetzt in:

3. Spearman, C., Die Wechselbeziehung zwischen der Unterscheidungskraft der Sinne und der allgemeinen Intelligenz, samt einer Studie über korrelationale Methoden. Pädagogisch-psychologische Studien, herausgegeben von Privatdozent Dr. Brahn. 5. Jahrgang, Nr. 3—8.

Die Arbeit ist zwar teilweise in einem gänzlich unmöglichen Deutsch geschrieben, ist aber wertvoll durch ihren historischen Teil und ihre Literaturangaben. Literatur findet man auch bei Krueger und Spearman (Nr. 1) angegeben.

***) Krueger und Spearman, a. a. O.

Die beiden Forscher warfen nun die Frage auf: Bestehen zwischen diesen einzelnen Fähigkeiten Beziehungen, derart, daß ein Individuum bei hervorragenden Gedächtnisleistungen auch eine besonders feine Unterschiedsempfindlichkeit für Töne besitzt? Oder geht vielleicht ein gutes Gedächtnis mit *schlechter* Unterschiedsempfindlichkeit für Töne Hand in Hand? Oder bestehen etwa gar keine Beziehungen zwischen diesen Fähigkeiten?

Augenblicklich interessieren uns nicht die Resultate der Untersuchung, sondern nur der Weg, auf dem sie zustande kamen, und ich greife darum eine einzige Frage heraus: Welche Beziehung besteht zwischen der Unterschiedsempfindlichkeit für Töne und dem Addieren einstelliger Zahlen?

In Tabelle I finden wir die bei der Prüfung der Tonunterschiedsempfindlichkeit bei den elf Beobachtern A bis K erhaltenen Zahlen.

Tabelle I.

Versuchspersonen	Anzahl der Schwingungen
A	2,5
B	2
C	27
D	1,5
E	28
F	7
G	6,5
H	2,5
I	1,5
J	1,5
K	11

Ebenso wurde die Addiergeschwindigkeit aller Versuchspersonen bestimmt. Die Versuchsperson A rechnete z. B. 125 Aufgaben, D 221 u. s. f.

Es erscheint nun zunächst auf den ersten Blick unmöglich, diese beiden Reihen überhaupt in eine Beziehung zu bringen. Wie soll ich die Tatsache, daß A bei 2,5 Schwingungen in der Sekunde einen Ton von einem andern unterschied, in Beziehung mit der andern Tatsache bringen, daß er 125 Rechenaufgaben in einer bestimmten Zeit löste? Ist diese Anzahl von Rechenaufgaben eine solche, die einer Unterschiedsempfindlichkeit von 2,5 Schwingungen „entspricht". Oder muß ich sagen, daß A eine *geringe* Unterschiedsempfindlichkeit für Töne und eine *große* Addiergeschwindigkeit zeigt? Oder ist die Addiergeschwindigkeit kleiner als die Tonempfindlichkeit? In der Tat, wenn wir die Untersuchung nur an *einem* Beobachter angestellt hätten, könnten wir auf diese Fragen absolut keine Auskunft geben.

Da wir aber elf Beobachter untersucht haben, so bietet sich die Möglichkeit, die elf Leistungen in eine Reihe zu ordnen. Die folgende Tabelle II gibt diese Reihe für die Tonunterscheidung wieder. Der Beobachter D mit 1,5 Schwingungen steht zuerst, E mit 28 Schwingungen kommt an letzter Stelle.

Tabelle II.

D	1,5
I	1,5
J	1,5
B	2
A	2,5
H	2,5
G	6,5
F	7
K	11
C	27
E	28

Will ich die einzelnen Beobachter ihrer Fähigkeit nach *numerieren*, so ergeben sich noch einige kleine Schwierigkeiten. Da D, I und J gleiche Leistungen aufweisen, so haben wir kein Recht, einem von ihnen den ersten Platz zu geben, wir werden vielmehr allen den Platz 2 geben, wobei wir offen lassen, welcher von ihnen etwa bei einer noch genaueren Untersuchung den Platz 1 und welcher den Platz 3 erhalten hätte. Dann folgt B auf dem vierten Platz. Die Plätze 5 und 6 sind zwischen A und H zu teilen, darum geben wir jedem den Platz $5^1/_2$. Dann folgt auf dem siebenten Platz G, Nr. 8 ist F, Nr. 9 ist K, Nr. 10 ist C, und den Schluß mit Nr. 11 macht E. In Tabelle III, Kolumne 2, haben wir diese Rangordnung, indem wir die Personen wieder nach dem Alphabet anführen, und wir fügen in einer dritten Kolumne die Rangordnung für das *Addieren* an, die in ähnlicher Weise berechnet wurde. Wir sehen bei dieser zweiten Rangordnung alle Zahlen von 1—11 vertreten, weil beim Addieren große Verschiedenheiten in den Zahlen auftreten, so daß in keinem Falle zwei Versuchspersonen dieselbe Zahl aufwiesen.

Tabelle III.

1. Versuchspersonen	2. Rangordnung im Tonunterscheiden	3. Rangordnung im Addieren
A	$5^1/_2$	7
B	4	4
C	10	10
D	2	1
E	11	6
F	8	9
G	7	11
H	$5^1/_2$	3
I	2	2
J	2	5
K	9	8

Die beiden Rangordnungen weisen nun manche Gleichheiten (BCI), aber auch kleine und große Verschiedenheiten zwischen den Rangordnungen der beiden

Fähigkeiten auf. Groß ist z. B. der Unterschied bei der Versuchsperson E. Im Addieren hielt sie genau die Mitte, im Tonunterscheiden zeigte sie die schlechteste Leistung.

Besteht aber nun im ganzen eine „Korrelation" zwischen diesen beiden Fähigkeiten, geht im ganzen mit guter Rechenfertigkeit auch eine feine Tonempfindlichkeit Hand in Hand, und wie läßt sich der Grad der Übereinstimmung, der ja vorhanden zu sein scheint, mathematisch ausdrücken?

Zur Lösung dieser Frage führen wir einige Rechnungen aus, deren Zweck und Bedeutung erst am Ende der Berechnung klar werden wird. Die nötigen Zahlen finden wir in

Tabelle IV.

1	2	3		4	5		6	7	8	
Versuchsperson	Rangordnung im Addieren	x od. Abweichungen vom Durchschnitt beim Addieren		Rangordnung im Tonunterscheiden	y od. Abweichungen v. Durchschn. beim Tonunterscheiden		x^2	y^2	xy	
		+	−		+	−			+	−
A	7	1		$5\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$		$\frac{1}{2}$
B	4		2	4		2	4	4	4	
C	10	4		10	4		16	16	16	
D	1		5	2		4	25	16	20	
E	6	0		11	5		0	25	0	
F	9	3		8	2		9	4	6	
G	11	5		7	1		25	1	5	
H	3		3	$5\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$	9	$\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	
I	2		4	2		4	16	16	16	
J	5		1	2		4	1	16	4	
K	8	2		9	3		4	9	6	
							110	$107\frac{1}{2}$	$78\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

Wir unterziehen zunächst die Rangordnungen einer Umrechnung, indem wir, vom mittelsten Platz, dem sechsten, ausgehend, den beim Addieren beispielsweise der Beobachter E innehat, die einzelnen Plätze nach ihrer Entfernung von dieser

Mitte bezeichnen. So hat im Addieren A den siebenten Platz. Wir bezeichnen ihn mit $+1$, er ist um einen Platz von der Mitte entfernt, und zwar ist seine Nummer um eins größer als sechs. B hat den vierten Platz, wir bezeichnen ihn mit -2, seine Platznummer ist um zwei geringer als die Mitte*). Diese neue Rangordnung finden wir in Tabelle IV, Spalte 3 unter der Rubrik x oder Abweichungen vom Durchschnitt beim Addieren. Ganz genau so berechnen wir die Abweichungen vom Durchschnitt im Tonunterscheiden (y in Spalte 5). Nun berechnen wir in Spalte 6 eine Größe x^2 für alle einzelnen Beobachter. A hat als x ein $+1$, gibt im Quadrat 1. B hat -2, gibt im Quadrat 4 u. s. f. Alle x^2 werden $+$, denn Minus mal Minus gibt Plus. Ebenso berechnen wir in Spalte 7 die Größen y^2. A hat als y die Größe $-{}^1/_2$, im Quadrat gibt $+{}^1/_4$ u. s. f. In Spalte 8 folgt endlich die Größe xy. A hat als x die Größe $+1$, als y die Größe $-{}^1/_2$. Wir erhalten $+1$ mal $-{}^1/_2$, gibt $-{}^1/_2$. Bei B ergibt sich aus -2 mal -2 die Größe $+4$ für xy und so fort.

Wir berechnen endlich die Summen aller x^2, y^2 und xy und erhalten:

$$\Sigma x^2 = 110$$
$$\Sigma y^2 = 107{}^1/_2$$
$$\Sigma xy = 78.$$

Wir stellen nun die Behauptung auf, daß die Beziehung zwischen den beiden Fähigkeiten, die wir als Korrelation oder mit dem Buchstaben r bezeichnen, durch folgende Formel richtig ausgedrückt sei:

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}}$$

und wollen an einigen Fällen untersuchen, zu welchen Größen diese Formel führt.

Setzen wir zuerst den Fall, daß die Korrelation zwischen den beiden Fähigkeiten eine vollkommene sei. Dann müßte der beste im Addieren auch der beste im Tonunterscheiden sein u. s. f. Wir würden dann, vom mittelsten ausgehend, für x^2 zweimal 1 erhalten, zweimal 4, zweimal 9, zweimal 16 und zweimal 25, genau wie in Spalte 6. Die Summe (Σx^2) würde wie dort 110 ergeben. Da aber die Rangordnung im Tonunterscheiden dieselbe ist, so würden alle y und alle y^2 den x und x^2 völlig gleichen, demnach würde auch die Summe aller y^2 (Σy^2) gleich 110 sein. Da aber jedes x gleich dem entsprechenden y, so würde auch jedes xy nichts anderes sein wie x^2 oder y^2. Auch in Spalte 8 würden wir also genau dieselben Größen erhalten wie in Spalte x^2 und y^2, auch hier wäre also die Summe (Σxy) gleich 110. Die Formel

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}}$$

*) Die Minuszahlen bezeichnen also hier die besseren, die Pluszahlen die schlechteren Leistungen.

würde also ergeben:

$$r = \frac{110}{\sqrt{110 \cdot 110}} = +1.$$

Die vollkommene Korrelation wird in unsrer Formel also durch die Größe $+1$ bezeichnet.

Wir betrachten zweitens den Fall, wo eine vollkommene umgekehrte Korrelation besteht. Dann wird der beste Rechner die größte Unterschiedsempfindlichkeit haben und so fort. Der beste Rechner erhält also für x die Größe -5, für y die Größe $+5$. Beim nächsten ist $x = -4$, $y = +4$ u. s. f. Die Summen von x^2 und y^2 werden genau dieselben bleiben wie bei der gleichsinnigen Korrelation, also wird $\Sigma x^2 = 110$ und auch $\Sigma y^2 = 110$ wie vorher. Auch bei xy werden dieselben Zahlen auftreten, aber alle mit negativem Vorzeichen. Der beste Rechner, der zugleich die schlechteste Unterschiedsempfindlichkeit hat, erhält für xy die Größe $(-5) \cdot (+5) = -25$, der nächste $(-4) \cdot (+4) = -16$ u. s. f. Die Summe von xy (Σxy) wird also in diesem Falle -110. Demnach ergibt sich

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}} = \frac{-110}{\sqrt{110 \cdot 110}} = -1.$$

Die vollkommene umgekehrte Korrelation wird also bei unsrer Formel durch die Größe -1 ausgedrückt.

Weitere Fälle sollen nicht diskutiert werden. Man sieht aber leicht, daß sich in den Fällen, wo die Korrelation eine geringe ist, eine Größe zwischen $+1$ und -1 ergibt, und daß in dem Falle, wenn eine Proportionalität überhaupt nicht vorhanden ist, eine Null auftreten wird.

Führen wir für unser Beispiel, die Korrelation zwischen Tonunterscheiden und Addieren, die Rechnung aus, so ergibt sich

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}} = \frac{78}{\sqrt{110 \times 107\frac{1}{2}}} = 0{,}72.$$

Man sieht, daß sich der Korrelationskoeffizient r der 1 mit positivem Vorzeichen sehr annähert, daß also eine ziemlich große Korrelation zwischen diesen scheinbar so beziehungslosen Funktionen besteht.

Auch bei der Korrelationsrechnung muß natürlich der wahrscheinliche Fehler (w F) bestimmt werden (vgl. Seite 16). Man berechnet ihn nach der Formel

$$w F = 0{,}6745 \frac{1 - r^2}{\sqrt{n(1 + r^2)}}^{*}),$$

wobei n die Zahl der Beobachter, also in unserm Falle 11, bedeutet.

*) Auf die Begründung der Formel kann hier nicht eingegangen werden.

Setzen wir unsre Zahlen ein, so erhalten wir:

$$w\,F = 0{,}6745\,\frac{1-0{,}72^2}{\sqrt{11\,(1+0{,}72^2)}} = 0{,}08.$$

Man sieht, daß der wahrscheinliche Fehler (0,08) bedeutend kleiner ist als unser Korrelationskoeffizient (0,72). Wäre das nicht der Fall, wäre der wahrscheinliche Fehler etwa halb so groß oder ebenso groß oder gar größer als r, so hätte die ganze Rechnung keinen Wert, weil sie mit zu großen Fehlern behaftet wäre. Im allerhöchsten Falle darf der wahrscheinliche Fehler die Hälfte von r betragen, gewöhnlich fordert man, daß er etwa nur $^1/_5$ von r beträgt, wenn von einer zuverlässigen Rechnung gesprochen werden soll.

2. Ergänzung der Korrelationsformel.

Wenn zwischen den beiden untersuchten Fähigkeiten eine völlige Korrelation besteht, so wird unter der Voraussetzung, daß absolut kein zufälliger Messungsfehler vorliegt, im günstigsten Falle die Zahl 1 sich bei unsrer Rechnung ergeben. Eine größere Zahl als 1 kann nach der Natur unsrer Rechnungsweise überhaupt nicht herauskommen. Sobald also irgendein zufälliger Fehler auftritt, mag er nun positiv oder negativ sein, so wird er, indem er die Rangordnung an irgendeiner Stelle stört, die Größe des Korrelationskoeffizienten stets *verringern*. Die Fehler der Beobachtung gleichen sich also bei der Korrelationsrechnung *nicht* aus. Je mehr Versuche ich aber anstelle, desto mehr Fehler müssen unterlaufen. Auch durch Häufung der Versuche kann ich also diesen Mißstand nicht beseitigen. Es ist darum notwendig, die Korrelationsformel zu ergänzen.

Krueger und Spearman haben das auf folgende Weise getan. Krueger untersuchte für sich die elf Personen im Rechnen und Tonunterscheiden, dann wiederholte Spearman dieselbe Untersuchung. Dadurch erhielten sie vier Reihen:

1. Addieren (K),
2. Addieren (Sp),
3. Tonunterscheiden (K),
4. Tonunterscheiden (Sp).

Sie konnten nun zunächst vier Korrelationskoeffizienten berechnen, indem sie Reihe 1 mit 3, 1 mit 4, 2 mit 3 und 2 mit 4 in Beziehung setzten, also jede Addierprüfung mit jeder Tonprüfung. Aus diesen vier Korrelationskoeffizienten zogen sie das Mittel. Es betrug, wie zu erwarten, infolge der Häufung der Fehler, noch etwas weniger als 0,72, nämlich 0,67.

Wir können dieses Mittel in folgender Weise bezeichnen: M ($r_1\,r_2\,r_3\,r_4$).

Nun kann man aber noch eine Korrelation bestimmen zwischen Addieren (K) und Addieren (Sp), ebenso zwischen Tonunterscheiden (K) und Tonunterscheiden (Sp). Wenn die Methode der Prüfung genau ist, muß hier auf jeden Fall 1 heraus-

kommen. Denn es muß doch gleichgültig sein, ob die Versuchspersonen durch K oder Sp im Addieren geprüft werden: die Rangordnung muß dieselbe bleiben. Je ungenauer die Methode ist, ein desto geringerer Wert wird herauskommen. Eine solche Prüfung derselben Fähigkeit durch mehrere Beobachter ist demnach eine Zuverlässigkeitsprüfung, wir wollen darum diesen Korrelationskoeffizienten als r_z, als Zuverlässigkeitskoeffizienten, bezeichnen*). Wir können in gleicher Weise den Zuverlässigkeitskoeffizienten für Tonunterscheidung berechnen, den wir mit r_{z_1} bezeichnen. Dann ist $M(r_z r_{z_1})$ das Mittel zwischen den beiden Zuverlässigkeitskoeffizienten. Es betrug in unserm Falle 0,81**).

Man sieht, der Zuverlässigkeitskoeffizient zeigt nur $^4/_5$ seines wahren Wertes. Wir müssen danach annehmen, daß auch unsre erste Mittelwertsberechnung um $^4/_5$ zu klein ist. Dividiere ich sie nun durch $^4/_5$, so wird der Fehler wieder ausgeglichen sein. Allgemein ausgedrückt: Unsre Formel ist ergänzt, wenn ich den Mittelwert $M(r_1 r_2 r_3 r_4)$ durch den Zuverlässigkeitskoeffizienten $M(r_z r_{z_1})$ dividiere. Den ergänzten Korrelationskoeffizienten nennen wir r_e. Demnach ist

$$r_e = \frac{M(r_1 r_2 r_3 r_4)}{M(r_z r_{z_1})}.$$

Das gibt in unserm Falle

$$r_e = \frac{0{,}67}{0{,}81} = 0{,}83.$$

Wir sehen, wie in der ergänzten Formel die verdeckte Korrelationsbeziehung schärfer hervortritt.

3. Korrektur der ergänzten Korrelationsformel.

Außer den zufälligen Fehlern können in unsrer Rechnung auch „konstante" Fehler vorkommen. Nehme ich z. B. zu meiner Untersuchung ein sechsjähriges, ein zehnjähriges und ein vierzehnjähriges Kind, so wird wohl auf jeden Fall

*) Es wäre eine außerordentlich dankbare Aufgabe, wenn sich jemand die Mühe nehmen wollte, das von uns in der Schule gebrauchte Zensiersystem einer Zuverlässigkeitsprüfung nach der Korrelationsmethode zu unterziehen. Wünschenswert wäre, daß zwei oder mehrere Lehrer dieselben Kinder nach den herrschenden Methoden, natürlich ganz unabhängig voneinander, zensierten. Dann werden die Kinder nach den Zensuren in eine Rangordnung gebracht und nun nach der Korrelationsmethode behandelt. Leicht ließe sich die Prüfung z. B. im Schreiben ausführen, etwa in dem Falle, wenn Deutsch und Schreiben in verschiedenen Händen liegen. Ist der Zuverlässigkeitskoeffizient nicht sehr groß, so ist die Zensiermethode unbrauchbar. — Die Methode der „Prüfungsarbeiten" läßt sich nach derselben Art, und zwar durch ein und denselben Lehrer, behandeln, wenn er mehrere Prüfungsarbeiten oder mehrere Serien derselben vergleicht. (In Deutschland ist eine solche Prüfung bisher noch nicht ausgeführt worden, es liegt nur der eine Versuch an amerikanischen Schülern vor, den Spearman im American Journal of Psychology, Vol. XIII mitteilt.)

**) Ist der Zuverlässigkeitskoeffizient wesentlich kleiner, etwa 0,50, so ist die Methode der Untersuchung zu verwerfen.

eine Korrelation herauskommen, gleichviel, welche geistige Funktionen ich prüfe*). In allen Prüfungen wird das vierzehnjährige Kind das beste und das sechsjährige das letzte sein. Hier wird also eine Korrelation vorgetäuscht, die in Wirklichkeit vielleicht gar nicht vorhanden ist. Nun wird ja niemand so töricht sein, in der beschriebenen Weise die Prüfung anzustellen, vielmehr wird man bemüht sein, solche konstante Fehler von vornherein möglichst auszuschalten durch eine scharfe Fragestellung. Ich frage also nicht: Welche Korrelation besteht zwischen Addieren und Tonunterscheiden? sondern: Welche Beziehung besteht zwischen Addieren und Tonunterscheidung bei vierzehnjährigen deutschen Knaben?

Es kann aber doch im Laufe der Untersuchung sich das Bedenken herausstellen, daß irgendein solcher konstanter Fehler übrig geblieben ist, und wir müssen imstande sein, ihn hinterher auszugleichen.

Krueger und Spearman hatten bei ihrer Untersuchung beispielsweise Deutsche und Ausländer verwendet, und es stellte sich heraus, daß die Ausländer sowohl im Rechnen wie im Tonunterscheiden den Deutschen nachstanden.

Um diesen fremden Faktor zu beseitigen, berechne ich die Korrelation desselben etwa zum Addieren, indem ich zwei Rangordnungen aufstelle, eine nach der Addiergeschwindigkeit und eine nach den Nationen, wobei ich zuerst die Deutschen und dann die Ausländer anordne. Den so entstehenden Korrelationswert wollen wir mit r_x bezeichnen. Dann ist r_x^2 das Quadrat dieses Korrelationskoeffizienten. Die ergänzte Korrelationsformel wird nun korrigiert, wenn man sie durch $\sqrt{1 - r_x^2}$ dividiert**). Bezeichnen wir die ergänzte Formel wie vorher mit r_e, die ergänzte und korrigierte mit r_{ek}, so ist demnach

$$r_{ek} = \frac{r_e}{\sqrt{1 - r_x^2}}.$$

Bei vorsichtiger Fragestellung kann, wie schon gesagt worden ist, die Notwendigkeit vermieden werden, die Korrektionsformel zu gebrauchen.

II. Korrelationsrechnung in der Psychologie.

1. Ergebnisse von Krueger und Spearman.

Der Leser, der unsern langwierigen Rechnungen gefolgt ist, wird an dieser Stelle vielleicht aufatmend fragen: Wozu diese unendliche Rechenarbeit? Was habe ich eigentlich dabei gewonnen? Ist es nicht ganz gleichgültig, ob ich 0,8 oder 0,6 oder 0,1 als Resultat erhalte, da es doch meiner Willkür überlassen bleiben muß, ob ich schon bei 0,1 oder erst bei 0,6 eine Korrelation als vorhanden annehme?

*) Derselbe Fall tritt ein, wenn ich einen Idioten, einen Schwachsinnigen und einen Normalen von gleichem Alter zur Prüfung heranziehe.

**) Diese Formel soll nur angegeben, aber nicht diskutiert werden, weil sie — durch vorsichtige Fragestellung — wenn möglich, überflüssig gemacht werden soll.

Dieses Bedenken ist völlig berechtigt. In der Tat hat unsre ganze Rechnung — bis jetzt — auch nicht den allergeringsten Wert.

Das ändert sich aber sofort, wenn wir *mehrere* Korrelationen untersucht haben. In diesem Falle sind wir in der Lage, die Größe der einzelnen Korrelationen miteinander zu *vergleichen*. Wir können dann sagen, ob das Addieren in engerer Beziehung zum Tonunterscheiden oder zum Gedächtnis steht usw., und gelangen dabei zu Ergebnissen, die für die Theorie und Praxis, für Psychologie und Pädagogik, von der allergrößten Bedeutung sein können.

Krueger und Spearman gelangten bei ihren Untersuchungen zu den in Tabelle V wiedergegebenen Ergebnissen.

Tabelle V.

Verglichene Rangordnungen	Korrelations-koeffizienten	Wahrscheinlicher Fehler
Addieren und Kombinieren	+ 0,79	± 0,06
„ „ Tonunterscheidung	+ 0,67	0,08
„ „ Raumsinn	+ 0,19	0,20
„ „ Auswendiglernen	+ 0,14	0,20
Kombinieren und Tonunterscheidung	+ 0,59	0,12
„ „ Raumsinn	0,00	0,25
„ „ Auswendiglernen	− 0,07	0,25
Tonunterscheidung und Raumsinn	+ 0,29	0,18
„ „ Auswendiglernen	+ 0,17	0,20
Raumsinn und Auswendiglernen	− 0,13	0,19

Hier sehen wir auf den ersten Blick, daß sich die untersuchten Fähigkeiten in zwei Gruppen sondern, in solche, die eine deutliche Korrelation zeigen (Addieren-Kombinieren, Addieren-Tonunterscheiden, Tonunterscheiden-Kombinieren) und in solche, wo eine Korrelation gänzlich fehlt; das betrifft alle Werte, bei denen der Raumsinn und das Auswendiglernen vorkommen. Sowohl die Korrelationswerte selbst, als auch die wahrscheinlichen Fehler rücken diese Tatsache ins hellste Licht.

In den drei Fällen, wo Kombinieren, Addieren und Tonunterscheiden in Beziehung gesetzt wird, ist der Korrelationskoeffizient 5 mal so groß wie der wahrscheinliche Fehler oder noch größer. Es besteht also kein Zweifel, daß diese

drei Fähigkeiten durch irgendeine gemeinsame Ursache, einen „Zentralfaktor" wie Krueger und Spearman sagen, verknüpft sind. Worin dieser Zentralfaktor besteht, darüber können wir vorläufig nur Vermutungen aufstellen. Das scheint jedenfalls sicher zu sein, daß Begriffe, wie Aufmerksamkeit und ähnliche nicht zur Erklärung herangezogen werden können, denn in diesem Falle müßte auch das Auswendiglernen eine Korrelation zeigen. Die beiden Autoren stellen darum — in vorsichtigster Weise — die Vermutung auf, daß eine psychophysiologische Erklärung gegeben werden muß, daß es sich möglicherweise um eine mehr oder weniger starke „plastische Funktion" des Nervensystems der untersuchten Personen handelt, die eine Grundlage abgibt für die Ausbildung großer Geschwindigkeit bei Leistungen wie Addieren, Kombinieren usw. Diese „plastische Funktion" würde ihre Wirkung immer nur in den Fällen äußern, wo es sich um das Schaffen von Assoziationen (etwa beim Addieren) handelt, die durch vielfache Übung gefestigt werden. Handelt es sich aber um das sofortige Bilden neuer Assoziationen, wie beim Auswendiglernen von Zahlen oder sinnlosen Silben, dann kann die „plastische Funktion" in ihrer Wirkung nicht in die Erscheinung treten, und demgemäß weist das Gedächtnis so niedrige Korrelationswerte auf.

Die Frage, warum Raumsinn und Gedächtnis keine Korrelationen mit andern Fähigkeiten aufweisen, bedarf freilich noch einer besonderen Betrachtung. Es wäre denkbar, daß doch eine Korrelation besteht, die nur durch die Ungenauigkeit der Methode verdeckt wird. Wir haben ja gesehen, wie jeder Fehler eine vorhandene Korrelation verringert. Beim Raumsinn scheint dieser Fall wirklich vorzuliegen. Bei der Prüfung desselben durch die beiden Beobachter zeigten sich so verschiedene Rangordnungen, daß der Zuverlässigkeitskoeffizient nur sehr gering war. Folglich war hier die Prüfungsmethode nicht geeignet, und es bleibt die Frage offen, ob beim Raumsinn vielleicht doch eine Korrelation mit den andern Fähigkeiten vorhanden ist.

Ganz anders liegt der Fall beim Gedächtnis. Hier ordneten sich die Versuchspersonen bei Kruegers und Spearmans gesonderten Untersuchungen beinahe genau in dieselbe Reihe. Der Zuverlässigkeitskoeffizient zeigte den sehr hohen Wert von 0,92. Demnach ist die Methode der Prüfung vorzüglich. Sie ist besser als alle andern Methoden, sie ist, wie aus einer Untersuchung über Schulzensuren*) hervorgeht, merklich besser als alle unsre Zensierungsmethoden in irgendwelchen Fächern, von den klassischen Sprachen bis zum Musikunterricht.

Da nun trotzdem in den Versuchen keine Korrelation der andern Fähigkeiten zum Gedächtnis zutage tritt, so bleibt nur übrig anzunehmen, daß wirklich keine Korrelation besteht.

2. Ergebnisse von Öhrn.

Krueger und Spearman haben mit Hilfe der Korrelationsrechnung auch die Ergebnisse bearbeitet, die Öhrn**) früher bei ähnlichen Untersuchungen erhielt.

*) Krueger und Spearman, a. a. O. Seite 87.

**) Öhrn, A., Experimentelle Studien zur Individualpsychologie. Psychologische Arbeiten, Bd. I. 1896. W. Engelmann, Leipzig.

Öhrn prüfte seine Versuchspersonen in jeder Fähigkeit je zwei Stunden lang, es war also möglich, die Korrelationen in den einzelnen Viertelstunden, unter dem Einfluß von Übung und Ermüdung, festzustellen.

Wir sehen aus der Kurve Figur 311, daß auch hier in allen Fällen, wo das Auswendiglernen in Beziehung zu andern Fähigkeiten gesetzt wurde („Mittelwert Auswendiglernen"), keine Korrelation auftritt. Die Werte bewegen sich in allen acht Viertelstunden um den Wert 0 herum.

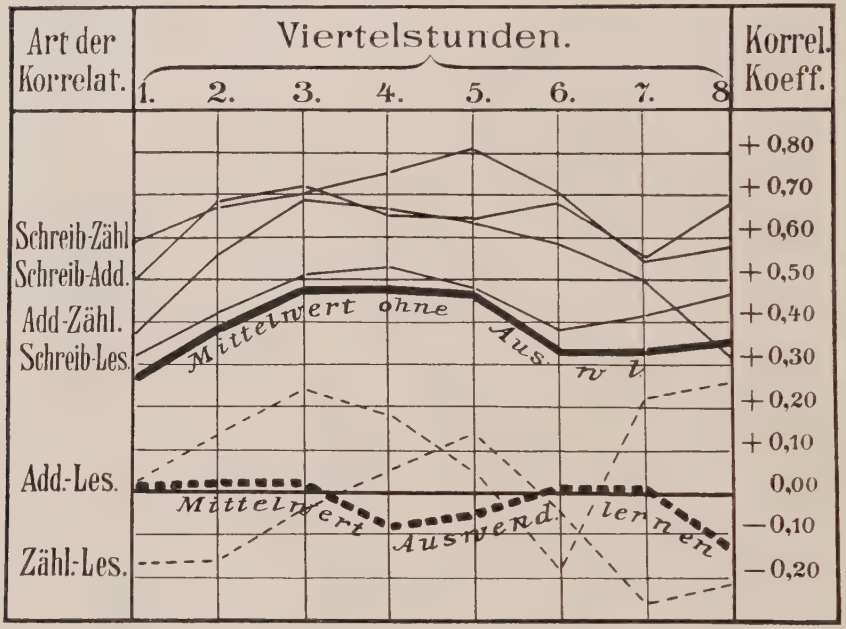


Fig. 311. Korrelation zwischen verschiedenen geistigen Fähigkeiten.
(Aus Krueger und Spearman, Zeitschr. f. Psychologie, Bd. XXXXIV, 1906. A. Barth, Leipzig.)

Ebenso zeigt das Lesen nur eine geringe Korrelation. Zwischen Addieren-Lesen und Zählen*)-Lesen ist überhaupt keine Beziehung nachzuweisen, die Korrelation zwischen Schreiben-Lesen ist vorhanden, aber gering.

Dagegen besteht Korrelation zwischen den drei Funktionen Schreiben**), Zählen und Addieren. Hier war auch in allen Fällen die Korrelation größer als das Fünffache des wahrscheinlichen Fehlers.

In den Kurven tritt nun außerdem die merkwürdige Tatsache in die Erscheinung, daß die Korrelationen in den ersten Viertelstunden, wo die Übung

*) Es wurden Buchstaben gezählt.
**) Schreiben nach Diktat.

noch stark ist, anwachsen, während sie in den letzten Viertelstunden, wo die Ermüdung überwiegt, wieder abfallen.

Daß der Mangel an Übung die Korrelationen herabsetzen muß, ist plausibel. Die Ungewohntheit einer Tätigkeit wirkt auf verschiedene Menschen sehr verschieden ein, infolgedessen ordnen sie sich bei den ersten Versuchen nicht nach ihrer wirklichen Leistungsfähigkeit. Diese Tatsache wirft ein Licht auf diejenigen Prüfungsmethoden — die hier und da in der Schule wirklich angewendet werden —, welche ihre Stärke darin suchen, den Prüfling durch eine Art von „Vexierfragen" in recht ungewohnte Lagen zu versetzen, eine Methode, die mehr geeignet ist, die Kombinationsgabe des Examinators als die Leistungsfähigkeit des Examinanden zu ermitteln. Denselben Wert haben Prüfungsmethoden, die zu starken Ermüdungswirkungen der Examinanden führen müssen. —

Es ist unmöglich, alle Probleme aufzuführen, die durch die Korrelationsrechnung in der Psychologie möglicherweise gelöst werden können. Ihre große Bedeutung liegt darin, daß sie imstande ist, Beziehungen zwischen einzelnen Funktionen aufzudecken, wo solche vorher vielleicht nicht geahnt werden konnten. Sie sondert alle Funktionen in beziehungsvolle und beziehungslose und gibt dadurch Anlaß, die beziehungslosen Funktionen durch scharfe Definitionen voneinander zu sondern, bei den beziehungsreichen aber durch eingehende Analyse zu dem „Zentralfaktor" vorzudringen, durch dessen Vorhandensein die Korrelationsbeziehung hervorgerufen wird.

Kein Gebiet der Psychologie scheint der Korrelationsrechnung verschlossen zu sein. Sie kann beginnen mit der Frage der psychophysischen Beziehungen, sie kann beispielsweise die Frage der Korrelation zwischen Gehirngröße und Intelligenz, die bisher nur mit unzulänglichen Methoden in Angriff genommen worden ist, einer endgültigen Lösung zuführen. Und sie kann enden mit den schwierigsten Fragen der Charakterologie, indem sie das Vorhandensein oder Fehlen von Beziehungen zwischen einzelnen Charaktereigenschaften aufdeckt*).

III. Korrelationsrechnung in der Pädagogik.

Die Bedeutung der Korrelationsrechnung für die Pädagogik kann heute noch gar nicht genügend umgrenzt werden.

Indem sie beziehungslose und beziehungsvolle Leistungen voneinander scheidet, gibt sie der Pädagogik Anhaltepunkte für die Beurteilung der einzelnen Disziplinen in ihrer Wirkung auf allgemeinere und auf das allgemeinste Erziehungsziel.

Die Theorie der Möglichkeit einer „formalen" Bildung, der „formalbildenden Kraft eines Faches", wird nur insoweit berechtigt erscheinen dürfen, als sich Korrelationsbeziehungen nachweisen lassen.

---

*) Vgl. Heymans, G., Über einige psychische Korrelationen. Zeitschrift für angewandte Psychologie. I. A. Barth, Leipzig 1908.

Wenn einzelne Fähigkeiten und Unterrichtsfächer große Korrelationen zeigen, so ist die Forderung einer Zusammenfassung in einen „Gesamtunterricht" aufzustellen. Je mehr etwa mit wachsendem Alter der Kinder die Korrelationen sich verkleinern, desto mehr muß der Unterricht, diesem Hinweise folgend, sich in Einzeldisziplinen auflösen. Insbesondere wird die Korrelationsrechnung Kriterien schaffen für eine Gruppierung des gesamten Unterrichtsplanes nach den einzelnen Lehrfächern, denn sie wird den Verwandtschaftsgrad der einzelnen Fächer aufdecken. Die einzige auf diesem Gebiet vorliegende Untersuchung ist von Spearman*) an amerikanischen Schülern angestellt worden.

Die Resultate waren folgende:

	Kl. Spr.	Franz.	Engl.	Math.	Tonunt.	Musik
Klassische Sprachen	—	0,83	0,78	0,70	0,66	0,63
Französisch	0,83	—	0,67	0,67	0,65	0,57
Englisch	0,78	0,67	—	0,64	0,54	0,51
Mathematik	0,70	0,67	0,64	—	0,45	0,51
Tonunterscheidung	0,66	0,65	0,54	0,45	—	0,40
Musik	0,63	0,57	0,51	0,51	0,40	—

Welche Fülle von Aufschlüssen gibt eine solche Tabelle! Bemerkenswert ist z. B., daß Mathematik und Musik eine größere Korrelation zeigen als Musik und Tonunterscheidung. Mathematik und Musik zeigen überhaupt mit den andern Fächern durchaus nicht eine so geringe Korrelation, wie man gewöhnlich annimmt. Untersuchungen von Volksschülern an deutschen Schulen sind dringend zu wünschen. Heute vermag noch niemand anzugeben, wie fest das Gefüge der einzelnen Fähigkeiten im ersten Kindesalter ist und wie es sich mit den Jahren ändert.

Für die Kinderpsychologie müssen Fragen gestellt werden wie die folgenden: Nimmt die Korrelation zwischen den einzelnen Fähigkeiten zu oder ab? Kommt es vor, daß eine vorhandene Korrelation sich im Laufe der Jahre in eine umgekehrte Korrelation verwandelt?

Für die Pädagogik erheben sich noch folgende wichtige Fragen: Wird durch eine bestimmte pädagogische Maßnahme eine vorhandene Korrelation vergrößert oder verkleinert? Spearman und Krüger behaupten, daß die Übung, wenigstens im Anfang, die Korrelationskoeffizienten erhöht, Binet**) behauptet das Gegenteil.

Außerdem erhebt sich ganz allgemein die große Frage nach den sekundären Wirkungen des Unterrichts***). Jedes Unterrichtsfach, jede erzieherische Maßnahme verfolgt ein bestimmtes Ziel, dabei aber stellen sich, vom Erzieher meist nicht beachtet, unbeabsichtigte Wirkungen ein, die Baade mit dem Namen der sekundären Wirkungen des Unterrichts bezeichnet. Überall, wo Korrelationen

*) Spearman, „General intelligence". American Journal of Psychology. Vol. XV.

**) Vgl. Krueger und Spearman, a. a. O.

***) Baade, W., Experimentelle und kritische Beiträge zur Frage nach den sekundären Wirkungen des Unterrichts insbesondere auf die Empfänglichkeit des Schülers. Nemnich, Leipzig 1907.

bestehen, ist anzunehmen, daß sekundäre Wirkungen auftreten müssen. Es ist eine besondere Aufgabe, zu untersuchen, ob die sekundären Wirkungen eine Erhöhung oder Verminderung oder gar Umkehrung der natürlichen Korrelationen bewirken. Die Pflege des Zahlengedächtnisses kann das Wortgedächtnis mit erhöhen, es kann aber durch einseitige Pflege des Denkens die Ausbildung der ästhetischen Gefühle leiden u. s. f.

In dem Maße, als ein Fach die bestehenden Korrelationen verändert oder bestehen läßt, muß es als einseitig oder allgemein bildend anzusehen sein.

Und schließlich läßt sich sogar die Möglichkeit denken, daß wir mit Hilfe der Korrelationsrechnung der Frage nähertreten, ob unser Schulunterricht die wohl von jedem Erzieher geforderte Bezeichnung „fürs Leben" verdient oder nicht. Je lebensferner der Schulunterricht, desto weniger Korrelationen werden sich zeigen, wenn wir die Menschen nach ihrer praktischen Tüchtigkeit und nach den im Schulunterricht geforderten Leistungen ordnen.

Man sieht, daß die Probleme hier wie Pilze aus der Erde wachsen. Die Methoden zur Bearbeitung aber sind von der experimentellen Pädagogik bereitgestellt. Es fehlt nur an Arbeitern, die zugreifen und mit den neuen Instrumenten die Schätze zu heben versuchen, die in dem jungfräulichen Boden der experimentellen Forschung verborgen liegen. —

Der Weg, auf dem wir vorwärts kommen können, kann aber nur der sein, den die experimentelle Psychologie unter Wundts vorsichtiger Leitung gefunden hat: Von den einfachsten Problemen zu den zusammengesetzteren.

Auf diesem Wege wird sich erst herausstellen, welche Probleme in der Pädagogik einer experimentellen Lösung überhaupt zugänglich sind. Wer im Handumdrehen eine experimentelle Didaktik zu begründen versucht, tut heute der experimentellen Pädagogik keinen Dienst.

Wer also an der Bearbeitung der experimentellen Pädagogik tätigen Anteil nehmen will, der beherzige die Worte, die Prof. Wirth als Mitdirektor und Vertreter des Wundtschen Laboratoriums bei der Einweihung des pädagogisch-psychologischen Instituts des Leipziger Lehrervereins*) am 12. Juli 1908 vor den Vertretern der sächsischen Lehrerschaft aussprach: „Halten Sie sich bei Ihren Bemühungen, die experimentelle Psychologie zu pädagogischen Untersuchungen weiterzubilden, nur immer an Wundts wissenschaftliche Grundsätze, die auf seinen Anschauungen über Leistungsfähigkeit und Grenzen der experimentellen Psychologie beruhen. Das wird die beste Gewähr dafür bieten, daß auch bei Ihrer wissenschaftlichen Arbeit der Erfolg nicht ausbleiben wird."

*) Vgl. Leipziger Lehrerzeitung XV, 7 u. 39.

Anhang I.

Ein neues Chronoskop.

Kurze Zeit vor Drucklegung dieses Buches ist es mir gelungen, ein Chronoskop zu konstruieren, bei dem die auf Seite 138 beschriebenen umständlichen Prüfungen wegfallen, da es für jede Zeit und bei verschieden starken Strömen (innerhalb weiter Grenzen) auch ohne besondere Einstellung mit gleicher Genauigkeit arbeitet. Dadurch wird die Bedienung des Apparates so einfach, daß jedermann ohne besondere Vorkenntnisse mit ihm arbeiten kann.

Der Apparat unterscheidet sich vom Hippschen Chronoskop dadurch, daß anstatt eines gewöhnlichen Elektromagneten ein polarisierter Magnet angeordnet ist.

In Fig. 312 und 313 bedeutet St einen Stahlmagneten, dessen Nordpol sich oben bei N befindet. Der Stahlmagnet steht unten mit den Eisenkernen des Elektromagneten E in direkter Verbindung. Die Eisenkerne sind demnach dauernd magnetisch, und zwar südmagnetisch. Der Anker des Elektromagneten E ist in den oberen Teil des Stahlmagneten eingelagert und also nordmagnetisch.

Der Anker wird demnach, wenn man ihn nach dem Pole A des Elektromagneten E hinüberdrückt, dort festgehalten (Fig. 312). In dieser Stellung rückt der Hebel H, der mit dem Anker fest verbunden ist, den Zeiger des Chronoskops aus dem Räderwerk der Uhr heraus, so daß er nicht mitläuft.

Schiebt man den Hebel H ein wenig nach rechts, so wird der Anker bei A losgerissen und an den Pol B des Elektromagneten E angedrückt. Er wird auch in dieser Stellung festgehalten, da ja der Pol B ebenfalls südmagnetisch ist wie der Pol A. In dieser Stellung zieht der Hebel H den Zeiger in das Räderwerk der Uhr hinein: der Zeiger läuft mit.

Das Ein- und Ausrücken des Zeigers wird durch Induktionsschläge bewerkstelligt. In I (Fig. 312 u. 313) sehen wir die Induktionsrolle. Die Klemmen K und K_1 führen zur inneren, hier nicht sichtbaren, primären Spule. Sendet man durch diese einen elektrischen Strom, so entsteht im Moment des Stromschlusses in der äußeren sekundären Spule ein momentaner Induktionsschlag. Der Stromschluß wird bei optischer Reizung etwa durch den Gedächtnisapparat (Fig. 250), bei akustischer Reizung durch den Schallhammer (Fig. 154) herbeigeführt.

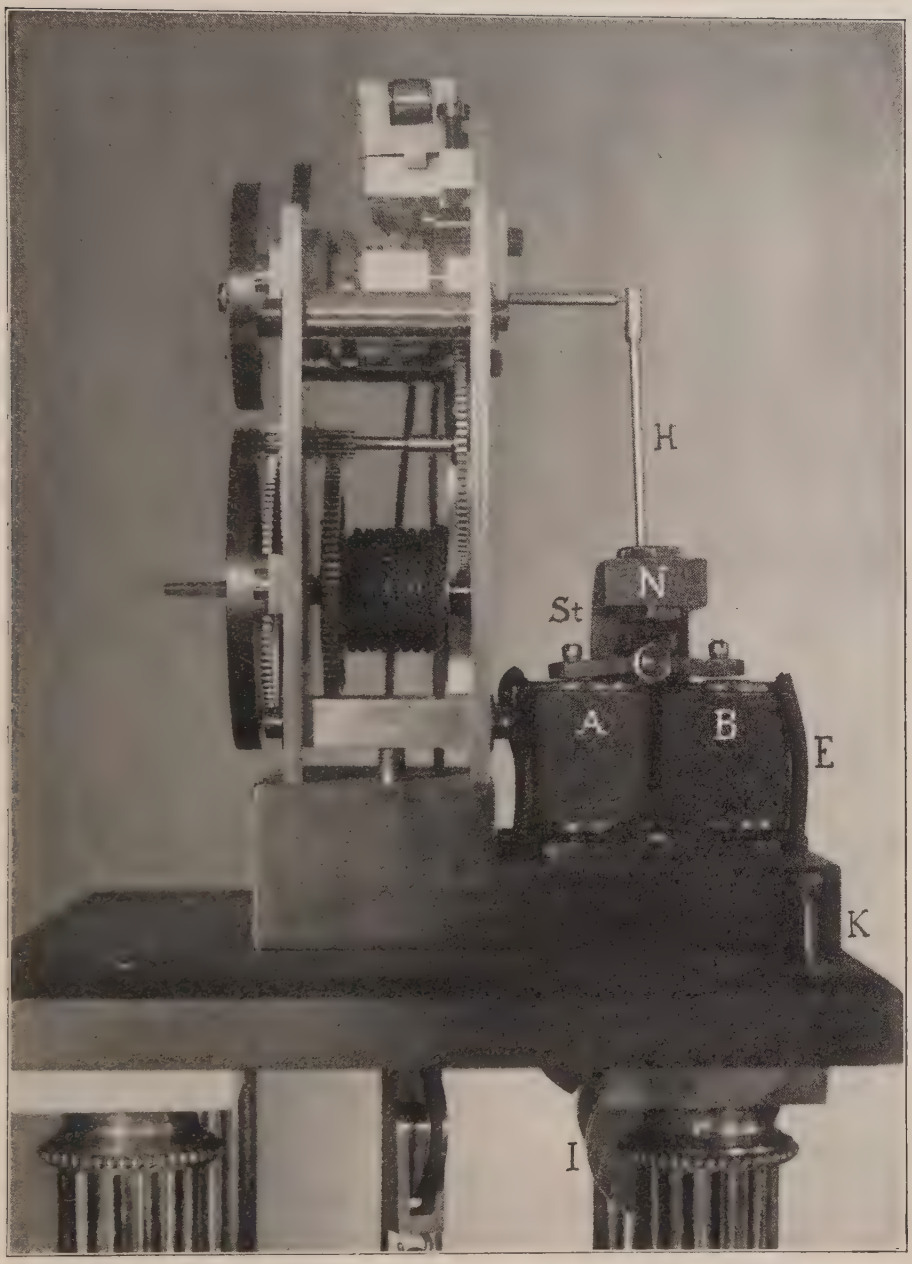


Fig. 312. Neues Chronoskop.

Die Wickelung der sekundären Spule der Induktionsrolle geht nun direkt in die Wickelung des Elektromagneten E über. Der Induktionsschlag pflanzt sich also auch in diese Wickelung fort, und es entsteht beim Schluß des primären Stroms im Pol A für einen Augenblick Nordmagnetismus, während bei B der Südmagnetismus verstärkt wird. Der stets nordmagnetische Anker wird infolgedessen bei A abgestoßen und nach dem jetzt südmagnetischen B hinübergeworfen. Der Zeiger wird in diesem Augenblick ins Räderwerk hineingerissen und läuft mit.

Unterbricht man den primären Strom wieder (beim Reaktionsversuch etwa durch Loslassen eines Tasters) so entsteht in der Induktionsrolle ein Öffnungsschlag, der sich in die Rolle des Elektromagneten E fortpflanzt. Da der Öffnungsstrom bekanntlich dem Schließungsstrom entgegengesetzt verläuft, so entsteht jetzt in B ein Nordpol, der Anker wird nach A zurückgeworfen und der Zeiger aus dem Räderwerk herausgerissen, so daß er stillsteht*).

Da Schließungs- und Öffnungsstrom nur momentane Stromstöße sind, so ist es bei dieser Konstruktion ganz gleichgültig, ob die Reaktionszeiten sehr kurz oder sehr lang sind. Die Verhältnisse sind für den Elektromagneten E stets dieselben, er erhält stets bei Schließung einen momentanen Schließungsstrom, bei Öffnung einen Öffnungsstrom. Infolgedessen werden lange Zeiten, wie sie bei Untersuchungen von Kindern (bei Assoziationsversuchen usw.) oft auftreten, mit derselben Genauigkeit registriert wie kurze Zeiten.

Zur Prüfung des Apparats eignet sich für unsere Zwecke die in Figur 314 abgebildete Versuchsanordnung.

Auf dem Federkymographion schreibt oben der einfache Markiermagnet, darunter die Stimmgabel von 100 Schwingungen. Sie erhält ihren Strom durch die hinten stehenden zwei Trockenelemente.

Von den zwei Akkumulatoren geht der Strom nach dem Markiermagneten, von da nach der vorderen Kontaktschraube des Kymographions, von der hinteren Kontaktschraube zum Chronoskop und zu den Akkumulatoren zurück**).

Sobald die Kontaktfeder des Kymographions über den Kontakt schleift, wird der Strom geschlossen, der durch den Markiermagneten und durch das Chronoskop geht. Der Schreiber schrieb 25 σ (0,025 Sek.), das Chronoskop zeigte 23 σ an***).

*) Will man anstatt mit „Schluß-Öffnung" mit „Öffnung-Schluß" arbeiten, so hat man nur — mit Hilfe einer Pohlschen Wippe (in Fig. 249) — den primären Strom umzukehren.

**) Besser noch legt man den Markiermagneten in eine Nebenleitung. Von dem positiven Pole der Elektrizitätsquelle leitet man also zwei Drähte, einen zum Chronoskop und von dort zu der einen Kontaktschraube des Kymographions, den andern zum Markiermagneten und von da zu derselben Kontaktschraube des Kymographions. Von der andern Kontaktschraube legt man einen Draht nach dem negativen Pole der Elektrizitätsquelle.

***) Man sieht, daß der Apparat auch bei sehr kurzen Zeiten zuverlässig arbeitet, während man beim Hippschen Chronoskop bei so kurzen Zeiten oft erhebliche Fehler vorfand. Bei Verlängerung des Schleifkontaktes am Kymographion können auf diese Weise auch längere Zeiten gemessen werden.

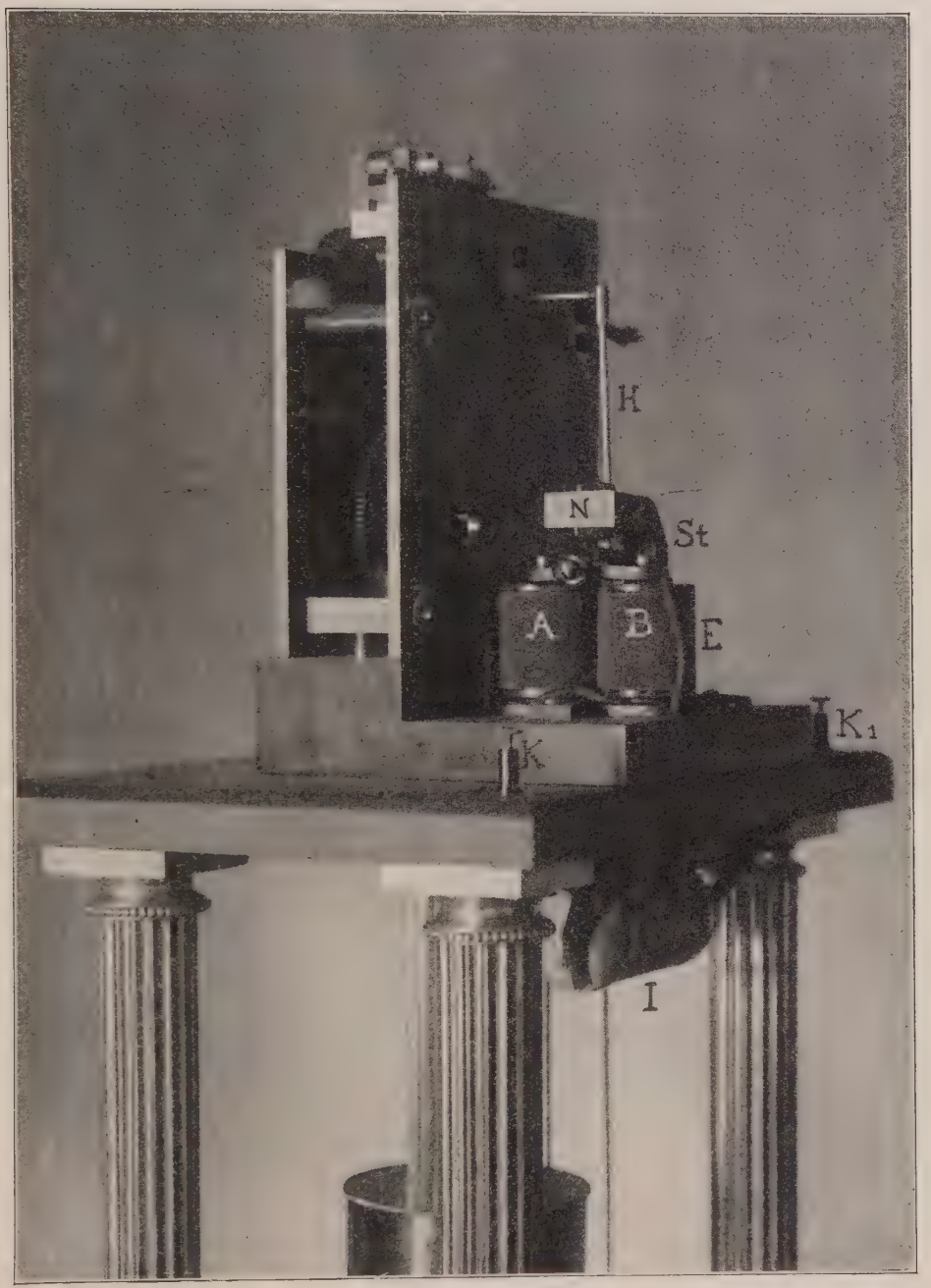


Fig. 313. Neues Chronoskop.

Um verschieden lange Zeiten zu prüfen, führte ich den Strom vom Markiermagneten nicht durch den Kontakt des Kymographions, sondern durch einen einfachen Taster. Nachdem Chronoskop und Kymographion in Gang gesetzt waren, schloß ich den Taster für längere oder kürzere Zeit.

Diese Prüfung ergab folgendes:

Stimmgabelschreibung	Chronoskopzeiten
436 σ	437 σ
78 σ	80 σ
138 σ	137 σ
171 σ	172 σ
274 σ	275 σ
509 σ	510 σ
134 σ	134 σ
222 σ	223 σ
979 σ	982 σ

Dabei war keine Einstellung des Chronoskops und keine Messung der Stromstärke notwendig*).

Namentlich die letztere Prüfung ist besonders zu empfehlen. Sie ist nur in großen Zwischenräumen notwendig und genügt für unsere Zwecke vollständig.

Ein besonderer Vorteil des Apparats besteht darin, daß es unmöglich ist, den Strom dauernd durch den Elektromagneten E zu senden, auch wenn durch irgendein Versehen im primären Strom Dauerschluß stattfindet. Wer mit dem Hippschen Chronoskop gearbeitet hat, weiß, welche unangenehmen Folgen eine dauernde Magnetisierung des Elektromagneten für die Genauigkeit der Zeitmessung haben kann.

Eine ausführliche Prüfung des neuen Apparats wird demnächst veröffentlicht werden.

*) Die Fehler, die bei jedem Markiermagneten infolge des remanenten Magnetismus auftreten, erweisen sich bei geeigneter Einstellung der Abreißfeder als minimal.

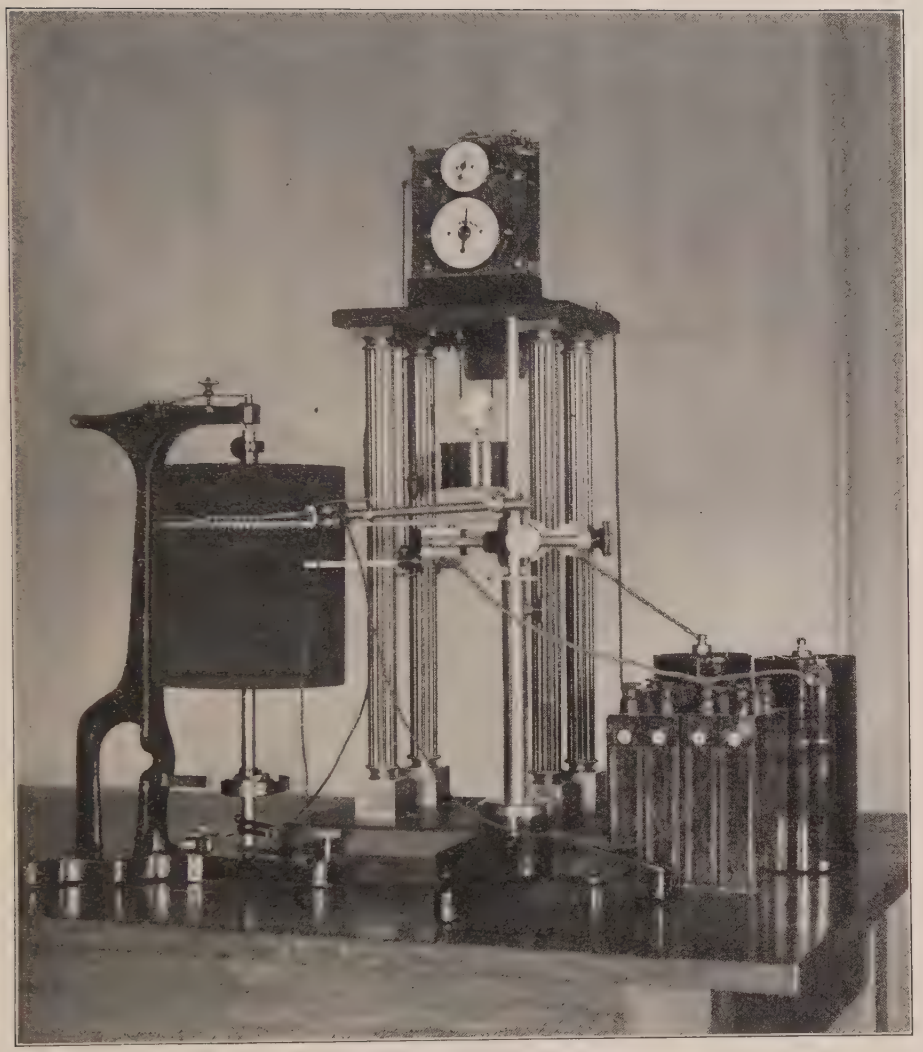


Fig. 314. Prüfung des neuen Chronoskops.

Anhang II.

Instrumentarium für Seminare und andere höhere Schulen.

Die Einrichtung eines psychologischen Laboratoriums an Seminaren und andern höheren Lehranstalten wird weder besondere Schwierigkeiten bereiten noch erhebliche Kosten erfordern. Das Laboratorium ist zweckmäßigerweise an das physikalische Kabinett anzugliedern. Hier finden sich zunächst — in dem Kabinett und dem Raum für Apparate — die Räumlichkeiten, die für alle einfachen Versuche völlig ausreichen. (Die meisten Versuche sind ja in jedem Klassenzimmer ausführbar.) Hier ist außerdem schon eine ganze Anzahl von Apparaten vorhanden, die auch für die psychologischen Arbeiten gebraucht werden, insbesondere: Elektrizitätsquellen, Stative, ein oder zwei Morsetaster, Probiergläser, Gewichtssätze usw.*).

Die anzuschaffenden Apparate teile ich in ein kleines und ein großes Instrumentarium.

Das kleine Instrumentarium erfordert eine einmalige Ausgabe von etwa 700 M.**). Angesichts der großen Aufwendungen für das physikalische Kabinett erscheint diese Summe gering.

Wenn das Laboratorium weiterhin einen jährlichen Zuschuß von etwa 300 M. erhielte, so könnte in wenigen Jahren das große Instrumentarium vollständig sein. Es ist zunächst die Anschaffung des Chronoskops zu empfehlen, in letzter Linie kommen die Apparate für die Pulsschreibung (Sphygmograph, Mareyscher Tambour, zweites Nulldruckventil, Carotiskapsel) in Betracht. Nach Anschaffung dieser Apparate ist der jährliche Zuschuß zweckmäßig zur Bestreitung der Kosten zu verwenden, die bei Ausführung wirklicher Untersuchungen entstehen. Solche Untersuchungen könnten durch Gruppen von Schülern, die Neigung und Begabung dazu treibt, unter Leitung des Lehrers recht gut angestellt werden. Die Mitteilung und Diskussion der Ergebnisse dieser Einzeluntersuchungen, deren Thema immer möglichst eng zu fassen ist, würde den Psychologieunterricht befruchten!

*) Alle diese Apparate werden in der speziellen Form, wie sie für psychologische Untersuchungen praktisch sind, von der Firma Zimmermann, Leipzig, Emilienstr. 21, auf Wunsch geliefert.

**) Sind genügende Mittel vorhanden, so ist die Hinzunahme des Chronoskops besonders zu empfehlen.

1. Kleines Instrumentarium.

	Mark
Farbkreisel mit Stativ Fig. 30	38.—
Farbige Papiere	1.50
Reizhaare (Selbstanfertigung) Fig. 37	—.—
Zwei Schalen für Gewichtsversuche Fig. 46	2.—
Metallstab zum Aufsuchen der Kältepunkte Fig. 40	0.85
Ästhesiometer nach Spearman Fig. 49	12.—
Metronom mit Quecksilberkontakten Fig. 58	38.—
Federkymographion Fig. 146*)	80.—
Kymographion Fig. 144	110.—
Zwei Markiermagnete Fig. 93	25.—
Pneumograph, in Fig. 90	9.—
Mareyscher Tambour dazu, mit einfachem Hebel, Fig. 82	21.50
Nulldruckventil, in Fig. 90	2.50
1 m dickwandiger Gummischlauch	1.25
6 Strohhalme für den Tambour	0.75
$^1/_2$ l Fixierlösung	2.—
100 Bogen Kymographion-Glacépapier, 51 cm lang und 18 cm breit	3.35
Elektromagnetische Stimmgabel, 100 Schwingungen Fig. 149	55.—
Einfaches Tachistoskop	52.—
Einrichtung des Kymographions zum Gedächtnisapparat Fig. 213 u. 214	ca. 120.—
Tasche für den Gedächtnisapparat	30.—
Drucktypen zum Gedächtnisapparat	5.—
500 unbedruckte Papiere dazu	5.—
Ergograph nach Dubois Fig. 269	95.—
8 Gewichte dazu	16.60
	Sa. 726.30

*) Die Firma Zimmermann, Leipzig, erbietet sich, alle Apparate des Instrumentariums, auch die von andern Firmen stammenden, zu den Originalpreisen zu liefern, ebenso sämtliche andere, im Buch beschriebene Apparate. Das Federkymographion (Fig. 146) wird nur von der Firma W. Petzold, Leipzig, Schönauer Weg 6, hergestellt.

2. Großes Instrumentarium.

Zu dem kleinen Instrumentarium kommen noch folgende Apparate hinzu:

	Mark
Neues Chronoskop Fig. 312	ca. 400.—
Schallhammer Fig. 154	55.—
Hempels Schallschlüssel Fig. 234	69.—
Chronograph nach Jaquet Fig. 149	125.—
Einfache Fünftelsekundenmarke Fig. 147	20.—
Kymographion mit Stativ Fig. 145	200.—
Haar-Ästhesiometer Fig. 38	6.—
Carotiskapsel Fig. 81, C	3.50
Sphygmograph nach Lehmann Fig. 81, S . . .	12.50
Mareyscher Tambour dazu, mit Doppelhebel Fig. 82	25.—
1 m dickwandiger Gummischlauch	1.25
6 Strohhalme für den Tambour	0.75
Nulldruckventil Fig. 90	2.50
Armauflage für den Sphygmographen	15.—
	Sa. 935.50

Register.

Bearbeitet von P. Schlager.

Abschreiben von Zahlen, Kurve (Fig. 20) 28; (Fig. 308) 255.
Absteigendes Verfahren 43. 46.
Abszisse 13.
Abteilung für Kunstpflege des Leipziger Lehrervereins 115.
Addieren von Zahlen 249. 259.
— von Zahlen, Kurve (Fig. 23) 29; (Fig. 27) 33; (Fig. 308) 255.
Akustische Aufmerksamkeit (Fig. 169) 149.
— Reaktion (Fig. 153) 133; (Fig. 155) 135.
Alber 206—207.
Albien, G. 169 ff.
Alechsieff, N. 125.
Alrutz, S. 57.
Ament, W. 218.
Analyse der Bewegungen der Stirnmuskulatur (Fig. 177) 155.
— der dreidimensionalen Bewegungen (Fig. 178—180) 156—158.
— der Sprachlaute 215—216.
— der Sprechmelodie 216—218; (Fig. 253 u. 254) 218.
— der zweidimensionalen Bewegungen (Fig. 176) 155.
— des kindlichen Vorstellungskreises mit Hilfe des sprachlichen Ausdrucks 76.
— des kindlichen Vorstellungskreises mit Hilfe von Zeichnen und Formen 76.
— eines Empfindungsgebietes 52—60.
Anhalten des Atems und sein Einfluß auf die Pulskurve (Fig. 98) 109.
Anhang I 274—279.
— II 280—282.
Anomalien der Auffassung (Fig. 195) 171; 175.
Anthropometer 8.
Anthropometrie 6 ff.
Anthropometrische Messungen 6 ff.
Anwendungsgebiete der psychischen Maßmethoden 37 ff.
Apparate, neue: Chronoskop (Fig. 312) 275.
— Gedächtnisapparat (Fig. 213 u. 214) 184.
— Federkymographion (Fig. 146) 128.
Apperzeptionsverbindungen 198—214.
Äquivalent erscheinende Reize 40.
— erscheinende Unterschiede 41.
Arbeit, geistige 248—257.
—, körperliche 225—247.
Arbeitskurve, Deutung 251—257.
—, Komponenten 256; (Fig. 310) 257.
—, mathematisch konstruierte (Fig. 306) 253.
—, wirkliche (Fig. 306) 253.
Arbeitsleistung, ihr Maß 232—236.
Arbeitsschule 241.
Arbeitstempo 241.
Arithmetisches Mittel 14 ff. 23.
Aschaffenburg, G. 200.
Ästhesiometer 53, 66.
— nach Spearman (Fig. 49) 66.
— nach Ebbinghaus (Fig. 50) 66.
Astronomische Zeitmessung 125.
Assimilation 157. 162—175.
— durch die formalen Verhältnisse der Vorstellungen 172—175.
— durch einzelne Vorstellungen und Vorstellungsgruppen 162—172.
—, Wesen und Bedeutung 162.
Assimilationskraft, quantitative Bestimmung 166.
Assimilationswirkungen in verschiedenen Unterrichtsfächern 170.
Assimilierende Kraft einer Vorstellung (Fig. 184 u. 185) 164. 168.
— Tätigkeit beim Betrachten von Bildern (Fig. 183) 163.
Assoziationen 198.

Astronomische Beobachtung 125—133.
— Zeitmessung, Methoden 125.
Asymmetrie 21.
Asymmetrische Kurve 21.
— Verteilungskurven (Fig. 15—17) 21—22; (Fig. 28) 35.
Atemanhalten und sein Einfluß auf die Pulskurve (Fig. 98) 109.
Atemuntersuchung 101; (Fig. 90) 103; (Fig. 94—102) 107—111; (Fig. 105—107) 112—113.
Atmung beim Betrachten von Bildern (Fig. 68) 84; (Fig. 69) 85; (Fig. 71 u. 72) 87; (Fig. 74 u. 75) 89; (Fig. 77) 91.
Auffassung 162.
—, Anomalien 175.
Auffassungsversuche, Objekte (Fig. 186) 167.
Aufgabe 147.
Aufmerksamkeit 147—161.
—, akustische (Fig. 169) 149.
—, fixierende 160.
—, ihre Lenkung 160.
—, ihre Mimik 147—156.
—, ihr Umfang 156—159.
—, optische (Fig. 166—168) 147—148; (Fig. 170) 150; (Fig. 172) 151.
—, schweifende 160.
Aufmerksamkeitsinhalt 148.
Aufmerksamkeitsmimik, Irradiation (Fig. 173) 152.
Aufmerksamkeitssignal 2.
Aufmerksamkeitsumfang 156—159.
— bei räumlichen Vorstellungen 156.
— bei zeitlichen Vorstellungen 158.
Aufmerksamkeitsverlauf 154.
Aufsteigendes Verfahren 43. 46.
Auge-Hand-Methode 125.
Auge-Ohr-Methode 125.
Ausbreitung der Verteilung durch natürliches Wachstum 33 ff.
— der Verteilung durch pädagogische Beeinflussung 33 ff.
Ausdrucksbewegungen 88. 114—124.
—, mimische (Fig. 114—126) 118; (Fig. 128) 119. 120. 222.
—, pantomimische (Fig. 132—135) 120. 122. (Fig. 139—143) 123. 222.
Ausdrucksmethode 83—95.
Ausdruck, sprachlicher 114.
Ausdruckssymptome 88. 95—114. 151.
Ausdruck, zeichnerischer 116.
Äußere Tastempfindungen 52.
Auskultation des Pulses 96.
Ausmessen der Kurven (Fig. 85) 99.
Auswendiglernen 259.
Awramoff, D. 236.

Baade, W. 272.
Barnes 7.
Benennungsmethode 76.
Bergemann, R. 142.
Bernstein, J. 186. 188. 189.
Bertillon, A. 8.
Berührung 53.
Berußen einer Trommel (Fig. 83) 97. 99.
Bestimmung äquivalent erscheinender Reize 40 ff.
— äquivalent erscheinender Unterschiede 41 ff.
— der Raumschwelle des Tastsinns (Fig. 51) 67.
— von Reizschwellen 37 ff.
— von Reizschwellen für Farben (Fig. 31) 39.
— von Unterschiedsschwellen 39 ff.
Bessel, F. W. 125.
Bewegungen, dreidimensionale 155.
— pantomimische 222.
— zweidimensionale 154.
Bewegungsempfindung 60.
Bewußtsein 160—161.
Bewußtseinsumfang (Fig. 182) 159.
— bei räumlichen Vorstellungen 160.
— bei zeitlichen Vorstellungen 161.
Binet, A. 272.
Biologie, Maßbestimmungen 18.
Blickfeld des Bewußtseins 144.
Blickpunkt des Bewußtseins 144.
Blickrichtung 161.
Blinde Kinder lauschend (Fig. 169) 149.
Blindes Kind lesend (Fig. 53) 69.
Brahn, M. 48. 259.
Brustdurchmesser 7.
Brustumfang 7.

Camerer, W. 50.
Cardiograph 99. (Fig. 86) 100; (Fig. 87) 101.
Carotiskapsel (C in Fig. 81) 95. 99.
Cartesius, R. 1.
Cephalometer (Fig. 5) 9.
Chemische Sinne 136.
Chronograph nach Jaquet 75. 104. 129. (Fig. 149—150) 130—131.
Chronoskop nach Hipp (Fig. 156) 137; (Fig. 249 u. 250) 212—213. 274.
Chronoskop, neues 274 ff. (Fig. 312 u. 313) 275—277.
—, neues, Prüfung desselben 276. (Fig. 314) 279.
Claparède, F. 49. 105.
Colegrove 197.
Collin 9.

Dauerndes Behalten 179.
Definition der Pädagogik 5. 144.
Descartes, R. 1.
Deuchler, G. 259.
Deutung der Arbeitskurve 251—257.
Dichtigkeitswert 23.
Dikrotie 106.
Direkte Messungen 37.
Direkte Methoden 249.
Dreidimensionale Bewegungen 155. (Fig. 178—180) 156—158.
Druck 53.
Druckempfindlichkeit 54.
—, ihre Untersuchung (Fig. 39) 54.
Druckkraft 8.
Druckpuls 96.
Druckpunkt 53.
Druckreiz 54.
Druckwage (Fig. 39) 54. 58.
Druckverhältnisse beim Schreiben von Zahlen (Fig. 292—299) 242—244.
Drüsenabsonderung als Ausdruckssymptom 88. 104. (Fig. 91) 105.
Dubois 229. 230.
Duchenne 121.
Dürr-Borst, M. 168.
Dynamometer 8. 248.
— nach Collin (Fig. 6) 9.
— zum Drücken nach Ulmann (Fig. 7) 9.
— zum Drücken und mit Vorrichtung zum Ziehen nach Ulmann (Fig. 8) 9.

Ebbinghaus, H. 63. 66. 138. 194. 196. 250. 259.
Eben merklicher Unterschied 45.
Eben unmerklicher Unterschied 45.
Eindrucksmethode 85. 86.
Einfache Fünftelsekundenmarke (Fig. 147) 129.
Einfacher Markiermagnet (Fig. 93) 106.
— Reaktionsversuch nach graphischer Methode, akustische Reaktion (Fig. 153) 133.
— Reaktionsversuch nach graphischer Methode, optische Reaktion (Fig. 151) 132.
— Willensvorgang 139.
Einfache Verknüpfung 185 ff.
Einfluß der Gruppierung auf die Gedächtnisleistung (Fig. 221 u. 222) 193.
Einfühlung 168.
Einordnen in das Raumbild 172 ff.
Einprägung kleiner Sprachganze 177.
— komplizierter Sprachganze 177.
Einschaltungsmethode 139—140.
Einstellung 168.
Elektromagnetische Stimmgabel (Fig. 148) 129.
Empfindlichkeit 46 ff.
Empfindung des Nassen 57.
Empfindungsmessung 36—65.
Entwicklung des Formensinns (Fig. 67) 81.
Entwicklungsschwankungen 12.
Erfordernisse eines Kollektivgegenstandes 25 ff.
Erg 54.
Ergänzung der Korrelationsformel 265 ff.
Ergogramm (Fig. 270) 229. 230.
Ergograph 226—232. (Fig. 264—269) 225 bis 229; (Fig. 271—273) 231—233.
Ergographenkurven (Fig. 271) 231. 232. (Fig. 274—290) 234—240.
Erkennungsreaktion 139.
Erkennungszeit 139.
Erlernungsmethode 194.
Ermüdungskurve (Fig. 304) 251; (Fig. 308) 255.
—, ideelle (Fig. 305) 252.
—, wirkliche 254.
Ersparnismethode 196.
Erste Lebenserinnerungen (Fig. 225 u. 226) 197.
Erziehung zur körperlichen Arbeit 225.
Experiment, Grundregeln 1.
Experimentelle Beeinflussung biologischer Größen 26 ff.
— Psychologie und Pädagogik, ihre Richtungen 4 ff.

Fadenkreuz 125.
Fallapparat nach Ebbinghaus 138. (Fig. 158) 139.
Farbe, Bestimmung der Reizschwelle (Fig. 31) 39.
Farbensättigung 38.
Farbenton 38.
Farbenunterscheidungsvermögen bei Mäusen (Fig. 36) 49.
Farbkreisel (Fig. 29 u. 30) 38.
Farbscheiben 39.
— zur Untersuchung äquivalent erscheinender Reize (Fig. 34) 41.
— zur Untersuchung der Unterschiedsempfindlichkeit (Fig. 33) 40.
Farbscheibe zur Untersuchung äquivalent erscheinender Unterschiede (Fig. 35) 41.
— zur Untersuchung der Reizschwelle für Farben (Fig. 32) 40.
Fechner, G. Th. 21. 22. 28.

Federergograph 230 ff.
Federkymographion (Fig. 146) 128. 276.
Fehlergesetz 13 ff.
Fehlerkurve 13.
Fehlerkurven von zwei Beobachtern (Fig. 13) 16.
Fehlreaktion 143.
Fixieren und Trocknen von Kurven (Fig. 84) 98. 99.
Fixierpunkt 161.
Flint 7.
Fluktuierender Typus 165.
Förderklassen 34.
Form des Pulses 106.
Formende Kinder (Fig. 52) 68; (Fig. 300) 245.
Formensinn, Entwicklung bei Kindern (Fig. 67) 81.
Fragemethode 76.
Freie Reproduktion 200 ff.
Frey, v. 53. 56. 101.
Friktionsrolle 127.
Friktionsscheibe 127.
Fünftelsekundenmarke, einfache (Fig. 147) 129.

Gauß, K. F. 14.
Gaußsches Fehlergesetz, zweiteiliges 21 ff.
Gebundene Reproduktion 204.
Gedächtnis 176—197.
Gedächtnisapparate 181—185.
Gedächtnisapparat nach Müller 182 (Fig. 212) 183.
— nach Ranschburg (Fig. 206) 180. 181. (Fig. 208) 182.
— nach Wirth (Fig. 209—211) 182—183.
— zu pädagogischen Untersuchungen (Fig. 213—216) 184—185; (Fig. 250) 213.
Gedächtnis, Definition 176.
—, Knaben (Fig. 224) 195.
—, Mädchen (Fig. 223) 195.
Gedächtnisleistung (Fig. 221 u. 222) 193.
Gedächtnisprüfung (Fig. 217) 187.
— Material 177.
— variierbare Bedingungen 178.
Gedächtnisuntersuchung 176. (Fig. 207) 181.
Gedächtnisversuche 176—181.
Gedächtnis, visuelles (Fig. 204) 178.
Gedächtniszeichnung (Fig. 62 u. 63) 77; (Fig. 205) 179.
— im Spiegelbild (Fig. 197) 171.
Gedächtniszeichnungen von Geisteskranken 77. (Fig. 64—66) 78—80.
Gefühle 83—124.
Gefühlsverlauf 83.
Geißler, A. 30.
Geistige Arbeit 248—257.
— Leistungsfähigkeit 251.
Gemeinempfindung 60.
general intelligence 258.
Gerhardt, A. v. 50.
Gesamtunterricht 171.
Geschleuderte Kurven 108.
Geschmacksversuche 1.
Gesetzmäßigkeit biologischer Größen 18 ff.
Gesichtsobjekt für Bestimmungen des Bewußtseinsumfangs (Fig. 182) 159.
— zur Untersuchung der Entstehung des Gleichheitsurteils (Fig. 227) 199.
— zur Untersuchung der Merkfähigkeit bei Geisteskranken (Fig. 218—220) 188 bis 189.
Gewichtsergographen 226 ff.
Giering, H. 71.
Glastafel mit Millimetereinteilung zum Ausmessen der Kurven (Fig. 85) 99.
Gleichheitsurteil, Entstehung (Fig. 227) 199.
Goldscheider, A. 245.
Graphische Methode 134—136. 154. 206.
— Registrierung (Fig. 235—248) 209—211.
Greiner 22.
Grenzmethode 42 ff.
Groos, K. 203. 204.
Groß, A. 242, 243.
Größenzunahme, absolute jährliche (Fig. 10) 10.
Großes Instrumentarium 282.
Grünbaum, A. 199.
Grundregeln experim. Untersuchungen 1 ff.
Gruppierte Reihe, Einfluß auf die Gedächtnisleistung (Fig. 221 u. 222) 193.

Haar-Ästhesiometer (Fig. 38) 53. 55.
Hall, St. 197. 254.
Hartmann, B. 76.
Heilbronner, K. 166.
Heizspitze (Fig. 42) 56.
Helligkeit 38.
Hempel 207.
Henry 230.
Heringsche Schleife (Fig. 90) 103. 136.
Herstellungsmethode 42.
Hilfenmethode 194.
Hipp 137. 274. 278.
Höhe des Pulses 104. 106.
— des Pulses, Abhängigkeit vom Schreiber (Fig. 97) 109.
Hörschärfeprüfer (Fig. 47) 64.

Ideelle Übungs- und Ermüdungskurve (Fig. 305) 252.
Indirekte Messung 37.
— Methoden 248.
Indirektes Sehen 132.
Individuelle Unterschiede beim Einordnen in das Raumbild 172.
Induktion 274.
Innere Tastempfindung 58.
Inspektion des Pulses 95.
Institut für experim. Pädagogik und Psychologie 48. 273.
Instrumentarium 280—282.
—, großes 282.
—, kleines 281.
Intensität einer Lichtempfindung 38.
Irradiation der Aufmerksamkeitsmimik (Fig. 173) 152.

Jaquetscher Chronograph 75. 104. 129. (Fig. 149 u. 150) 130—131.
Joos 217.

Kälte 56.
Kältepunkte (Fig. 40 u. 41) 55—56.
Kartenwechsler (Fig. 232) 206. 207.
Kehltonschreiber 215 (Fig. 251 u. 252) 216—217.
Kerschensteiner, G. 76.
Kinderzeichnungen 76 (Fig. 62 u. 63) 77; (Fig. 198) 172. 204.
Kinematometer (Fig. 43) 57.
Kinnebrook 125.
Klebs, G. 27.
Kleines Instrumentarium 281.
Kleist, H. v. 145.
Koch-Hesse, A. 10.
Kollektivgegenstand 25 ff.
Kombinationsmethode 250. 259.
Komponenten der Arbeitskurve 256 ff.
Konstanzmethode 45.
Konstruierender Typus (Fig. 191 u. 192) 169; (Fig. 194) 170.
Kontinuierlich veränderliche Reize 185 ff.
Kontraktion der Stirnmuskulatur (Fig. 175) 154.
Kontrollhammer, großer (Fig. 157) 138.
Koordination zweier Muskelgruppen 132.
Kopfmesser (Fig. 3) 8.
Kopfmessungen, Zirkel (Fig. 4) 8.
Körper als Ausdrucksmittel in den Spielen der Kinder (Fig. 255) 219.
Körpergewicht 6.
Körpergewicht, Zunahme (Fig. 11) 11.
Körpergröße 6. 9.
—, Zunahme (Fig. 10 u. 11) 10—11.
Körperlänge 9. 33.
—, Kurven (Fig. 24—26) 30—32.
Körperliche Arbeit 225—247.
Korrektur der ergänzten Korrelationsformel 266.
Korrelationen, psychische 258—273.
Korrelationsformel 259.
—, ergänzte 265.
—, Korrektur der ergänzten 266.
Korrelationsrechnung 259—267.
— in der Pädagogik 271—273.
— in der Psychologie 267—271.
Korrelation zwischen geistigen Fähigkeiten (Fig. 311) 270.
Kraepelin, E. 42. 243. 249. 250. 256. 257.
Kraftempfindung 60.
Kraftmesser 8.
Krönlein, R. U. 9.
Krueger, F. 215. 216. 259. 265. 267. 269. 270. 272.
Külpe, O. 36. 199.
Kurven der absoluten jährlichen Größenzunahme von Jenenser Schülern (Fig. 10) 10.
—, Fixieren und Trocknen (Fig. 84) 98. 99.
—, Ausmessen (Fig. 85) 99.
Kymographion 99 (Fig. 144 u. 145) 126—127.

Lageempfindung 58 ff.
—, ihr Fehlen (Fig. 44) 58.
Länge des Pulses 104. 108.
Langendorff 100.
Lay, W. A. 179.
Lebenserinnerungen, erste (Fig. 225 u. 226) 197.
Lehmann, A. 230. 232.
Leistungen des visuellen Gedächtnisses (Fig. 204) 178.
Leistungsfähigkeit, geistige 251.
Lernen 178 ff.
Lesestunde in der Elementarklasse (Fig. 57) 72.
Leseversuche, tachistoskopische 164.
Levinstein 76. 172. 173.
Lichtempfindung 37.
Lichtstärke 63.
Lipmann, O. 193.
Lipps, G. F. 20. 36.
Lombardscher Schreiber 104. (Fig. 92) 106.
Lungenkapazität 7.

Magnetismus, remanenter 278.
Mannheimer System 34.
Marbe 42. 216. 217.
Mareyscher Tambour (Fig. 82) 96.
Markiermagnet 104 (Fig. 93) 106.
Maßbestimmungen in der Biologie 18—27.
— in der Kinderpsychologie und Pädagogik 30—35.
— Physik 13—18.
— Psychologie 27—29.
Maß der Arbeitsleistung 232—236.
Maskelyne 125.
Maßmethoden, psychische 36—52.
Massage, Wirkung auf die Muskelleistung (Fig. 309) 256.
Mathematische Behandlung der Kinderpsychologie und Pädagogik 13—35.
Maximalleistung am Ergographen 233.
Mayer, M. 243.
Mayersche Wellen (Fig. 96) 107. 109.
Mechanische Sinne 136.
Menzerath, P. 219.
Merkfähigkeit bei Geisteskranken (Fig. 218 bis 220) 188—189.
Meßmer, O. 165, 166.
Messungen, anthropometrische 6 ff.
Messung von Reproduktionszeiten, graphisch (Fig. 235—248) 209—211.
— von Reproduktionszeiten mit Ranschburgs Gedächtnisapparat (Fig. 249) 212.
— von Reproduktionszeiten mit dem neuen Gedächtnisapparat (Fig. 250) 213.
Methode, beobachtende 5.
—, direkte 249 ff.
—, experimentelle 5.
—, graphische 134—136. 206.
—, indirekte 248.
—, registrierende 136—138. 214.
— der astronomischen Zeitmessung 125.
— der behaltenen Glieder 192.
— der Gedächtnisspanne 192.
— der identischen Reihe 189.
— die Minimaländerungen 42.
Methoden der Gedächtnisuntersuchung 176.
Metronom (Fig. 58) 73.
Meumann, E. IV, 73. 76. 165. 203. 205. 227. 228. 244. 245. 251. 259.
Mimik der Aufmerksamkeit 147—156 (Fig. 174) 153.
— des Bittern (Fig. 113) 117.
Mimik des Sauern (Fig. 112) 117.
— des Süßen (Fig. 111) 117.
Mimische Bewegungen 222.
— Ausdrucksbewegungen (Fig. 114—126) 118. (Fig. 128) 119. 120.
Minnemann 206. 207.
Mittlere Region 63.
Mittlerer Fehler 15.
Mittlere Variation 24. 50 ff.
Möglichkeit exakter Messung in der Kinderpsychologie und Pädagogik 36 ff.
Mohr 77. 78. 79. 80. 201. 202.
Mosso, A. 225. 226. 227. 248.
Müller, G. E. 36. 51. 194.
Müller-Lyer 71.
— — sche Täuschung (Fig. 55) 71.
Muskelbewegung 134.
Muskuläre Reaktion 140. (Fig. 161 u. 162) 141—142; (Fig. 164) 143.

Nachfahren einer Form 178.
Nachsprechen von Silben 178.
Nachzeichnen einer Form (Fig. 205) 179.
Natürliche Reaktion 140. (Fig. 161) 141.
Netschajeff, A. 195. 196.
Neuer Gedächtnisapparat (Fig. 213 u. 214) 184. 206.
Neues Chronoskop (Fig. 312) 275.
— Federkymographion (Fig. 146) 128.
Nicht gruppierte Reihe 192.
Normalkurve, Puls und Atmung (Fig. 94 bis 97) 107—109.
—, Puls und Atmung, angebliche (Fig. 99) 110.
Normative Wissenschaft 5.
Nulldruckventil 101.
Nutzen der Ausdrucksmethode 88 ff.

Obere Unterschiedsschwelle 45.
Objektiver Typus 165.
Öhrn, A. 269. 270.
Ontogenese 4.
Optische Aufmerksamkeit (Fig. 166—168) 147—148; (Fig. 170) 150; (Fig. 172) 151.
— Reaktion (Fig. 151) 132.
Optischer Reizapparat (Fig. 231) 206. 207.
Ordinate 13.

Pabst, A. 219.
Pädagogik, Definition 5. 30. 144.
Pädagogische Beeinflussung des Willensvorgangs 141—146.
Palpation des Pulses 95.
Pantomimische Ausdrucksbewegungen (Fig. 132—135) 120. 122. (Fig. 139—143) 123. 222.
— Bewegungen 222.
Paradoxe Kälteempfindung 56.

Pawloff, J. P. 104. 105.
Pearson 22.
Pelotte 97.
Perseverationen 166. 200. 203.
Perseverierende Vorstellungen als Störungen der Auffassung (Fig. 201—203) 174.
Persönliche Gleichung 125. 131.
Perzeptionszeit (Fig. 248) 211.
Peterson 8.
Petzold, W. 281.
Photographische Methode 147.
Phylogenese 5.
Pilzecker 194.
Plethysmograph 100. (Fig. 88 u. 89) 102.
Pneumograph 101.
Pohlmann, A. 192. 193.
Pohlsche Wippe 276.
Polarisierter Magnet 274.
Prüfung einer Stimmgabel durch den Jaquetschen Chronographen (Fig. 149) 130.
Psychische Maßmethoden 36—52.
Puls, Auskultation 96.
—, Inspektion 95.
—, Palpation 95.
Pulsänderung beim Schmecken von Aloe (Fig. 79) 94.
— beim Schmecken von Zucker (Fig. 80) 94; (Fig. 100) 110.
— beim Wettlauf (Fig. 103 u. 104) 112.
— und Atemänderung beim Rechnen (Fig. 102) 111.
— und Atemänderung beim Schmecken von Essigwasser (Fig. 100) 110.
— und Atemänderung beim Zählen des Uhrtickens (Fig. 101) 111.
Pulsschreiber 96.
Pulsschreibung, Apparate (Fig. 81) 95.
Puls- und Atemkurven 104 ff.
Puls und Atmung, angebliche Normalkurve (Fig. 99) 110.
— und Atmung, Normalkurve (Fig. 94) 107.
— und Atmung, Untersuchung beim Betrachten von Bildern (Fig. 68 u. 69) 84 bis 85; (Fig. 71) 87; (Fig. 74) 89; (Fig. 77) 91.
Pulsuntersuchung 95 ff.
Pulsverspätung 108.
Psychische Korrelationen 258—273.
— Maßmethoden 36—52.
Psychologie, allgemeine 4.
—, differentielle 4.
—, ontogenetische 4.
Psychologisches Institut des Leipziger Lehrervereins 48. 273.
Qualität einer Lichtempfindung 38.
Quantitative Bestimmung der Assimilationskraft 166.
Quirsfeld 7. 32.
Radossawljewitsch, P. R. 194. 195.
Ranke, J. 22.
Ranschburg 180. 181. 191.
Raumbild 172.
Räumliche Gesichtsvorstellungen 70 ff.
— Vorstellungen 66—73.
— Tastvorstellungen 66.
Raumschwelle des Tastsinns 50. 68. 259.
— des Tastsinns, ihre Bestimmung (Fig. 51) 67.
Raumschwellenapparat (Fig. 54) 70.
Reaktion, muskuläre 140 (Fig. 161 u. 162) 141—142; (Fig. 164) 143.
—, natürliche 140. (Fig. 161) 141.
—, sensorielle 140. (Fig. 161) 141; (Fig. 163 u. 164) 143.
— mit akustischer Reizung (Fig. 153) 133. 134.
— mit optischer Reizung (Fig. 151) 132. 134.
Reaktionsversuch, Häufigkeitskurven (Fig. 160) 140.
— Streuungskurven (Fig. 162—164) 142 bis 143.
Reaktionsversuche nach graphischer Methode (Fig. 151) 132; (Fig. 153) 133. 134—136.
— nach registrierender Methode 136—138.
Reaktionstaster, zehnfacher 139. (Fig. 159) 140.
Reaktionszeiten 136.
Rechenmethode 249.
Reihe, gruppiert 192.
—, nicht gruppiert 192.
Reihen, identische 189.
Reihenverknüpfung 188 ff.
Reiz 134.
Reizapparat, optischer (Fig. 231) 206.
Reize, kontinuierlich veränderliche 185.
—, nicht kontinuierlich veränderliche 186.
Reizhaar (Fig. 37) 53.
Reizschwelle 37. 42.
— für Druckreize 54.
— für Farben (Fig. 31) 39.
Reizzuwachs 62.
Registrierende Methode 136—138. 214.
Rekonstruktionsmethode 196 ff.
Remanenter Magnetismus 278.
Reproduktion 181.
—, freie 200.
Reproduktionsmethode 190—197.
Reproduktionszeiten, Messung (Fig. 235 bis 250) 209—213.

Reuther 189.
Rezitieren mit Gesten (Fig. 260—263) 221 bis 223.
— ohne Gesten (Fig. 256—259) 220.
Rhythmus und Arbeit 236—246.
Richtungen der experimentellen Psychologie und Pädagogik 4 ff.
Rietz, E. 11.
Rückläufige Hemmungen 192.
Rußende Flammen 216. 217.

Sante de Sanctis 148. 151.
Schädel des einjährigen Kindes, des zehnjährigen Kindes und des Erwachsenen (Fig. 9) 10.
Schädelgröße 9.
Schallhammer (Fig. 154) 134.
Schallschlüssel nach Hempel (Fig. 233 u. 234) 207—208; (Fig. 249 u. 250) 212—213).
Schleife, Heringsche (Fig. 90) 103. 136.
Schleifkontakt am Federkymographion 276.
Schmerz 55.
Schmidt, F. A. 10.
Schnell, H. 145.
Schreibstift, elektrischer 245. (Fig. 303) 250.
Schriftwage (Fig. 291) 241. 243.
Schulze, R. 121. 251.
Schumann, F. 194.
Selbstbeobachtung, ihre Schwierigkeit 83.
Sensorielle Reaktion 140. (Fig. 161) 141; (Fig. 163 u. 164) 143.
Seyfert, Rich. 71. 76.
Sigma 136.
Simulantenkurve 236. (Fig. 286 u. 287) 239.
Sinnlose Silben 177.
Sommer, R. 151. 154. 155. 158.
Spearman, C. 66. 259 ff. 270. 272.
Sphygmograph (S in Fig. 81) 95. 96.
Spiegeltachistoskop 160.
Spielschule 241.
Spirometer (Fig. 1) 7.
Sprache 215—224.
— als Ausdrucksmittel 221—224.
— des Kindes 218.
Sprachlaute, ihre Analyse 215—216.
Sprachlicher Ausdruck 114.
Sprechmelodieapparat 216. (Fig. 253 u. 254) 218.
Sprechmelodie, ihre Analyse 216—218.
Statistik der Reproduktionszeiten 204—205.
— der Vorstellungen 76—82.
— der Wortformen und Wortverbindungen 218—220.
— des Vorstellungsverlaufs 200—204.
v. Stein 230.
Stern, W. 167.
Sterndurchgang 126 ff.
Stethometer zum Messen des Brustdurchmessers (Fig. 2) 7.
Stimmgabel, elektromagnetische 128. (Fig. 148) 129.
—, Prüfung durch den Jaquetschen Chronographen (Fig. 149) 130.
Stimmgabelschwingungen (Fig. 150) 131.
Stimmgabel zur Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit (Fig. 48) 64.
Stirnmuskulatur 150. 151. (Fig. 175) 154; (Fig. 177) 155.
Störring, G. W. 57.
Stratton, G. M. 54.
Streuung der Fehler 15 ff.
Strümpell, A. 58.
Subjektiver Typus 165.
Suggestivfragen 168.
Sukzessive Verknüpfung vieler Elemente 177.
Süßmilch, J. P. 20.
Symmetrie der Bewegung (Fig. 300—302) 245—247.
— der Kurve 14.

Tadd, J. L. 59. 178. 245. 246. 247.
Tachistoskop 157. (Fig. 181) 159.
Tachistoskopische Leseversuche 164.
— Versuche 199.
Taktklopfen 74. (Fig. 59—61) 75.
Tambour, Marey'scher (Fig. 82) 96.
Tastempfindungen, äußere 52.
—, innere 58.
Taster (Fig. 152) 132.
Tasterzirkel 66. 248. 259.
Tastsinn, Bestimmung seiner Raumschwelle (Fig. 51) 67.
Taubstummer Knabe, vom Munde seines Lehrers ablesend (Fig. 170) 150.
test 258.
Thoma, R. 19.
Thorndike, E. 35.
Tiefenvorstellung 71.
—, Apparat zur Prüfung ihrer Genauigkeit (Fig. 56) 71.
Tierpsychologie 104.
Tierpsychologische Untersuchungen (Fig. 36) 49; (Fig. 91) 105.
Tissie 113.
Titchener, E. B. 56.
Tonograph 106.
Tonunterschiedsempfindlichkeit 260.
Torren, van der 166. 167.
Townsend Porter 20. 34.

Traube-Heringsche Wellen (Fig. 95) 107. 108.
Treffermethode 191.
Troyes 228. 232. 235. 236.
Trocknen von fixierten Kurven (Fig. 84) 98. 99.
Trommel 127.
Trommelachse 127.
Typus, fluktuierender 165.
—, konstruierender (Fig. 191 u. 192) 169; (Fig. 194) 170.
—, objektiver 165.
—, subjektiver 165.
—, visueller (Fig. 189 u. 190) 169; (Fig. 193) 170.

Übung der größeren Gelenke bei kleinen Kindern (Fig. 45) 59.
Übungskurve (Fig. 304) 251; (Fig. 307) 254.
—, ideelle (Fig. 305) 252.
—, wirkliche 254.
Uhlitzsch 30.
Ulmann 9.
Umfang der Aufmerksamkeit 156—159.
— des Bewußtseins 160—161.
Untere Unterschiedsschwelle 45.
Unterricht, sekundäre Wirkungen 272.
Unterschied, eben merklicher 45.
—, eben unmerklicher 45.
Unterschiede, individuelle 74.
Unterschiedsempfindlichkeit 40.
— beim Gewichtheben (Fig. 46) 61.
— für Bewegungen, bei Kindern (Fig. 45) 59.
— für Töne 259.
Unterschiedsschwelle 38.
— des Zeitsinns 73.
—, obere 45.
—, untere 45.
Untersuchung der Druckempfindlichkeit (Fig. 39) 54.
— der Haut nach Kältepunkten (Fig. 40) 55.
— der Unterschiedsschwelle nach der Grenzmethode 44.
— der Reizschwelle nach der Grenzmethode 42.
— der Reizschwelle für Farben (Fig. 31) 39.
Untersuchungsmethoden für geistige Arbeit 248—251.
Untersuchung dreidimensionaler Bewegungen 155. (Fig. 178—180) 156—158.
— von Ausdrucksbewegungen 114—124.
— von Ausdruckssymptomen 95—114.
— zweidimensionaler Bewegungen 154.

Variation, mittlere 24. 50 ff.
Variationsbreite 19.
Variationskurve (Fig. 18 u. 19) 26—27.
Vererbung 19.
Verknüpfung, einfache 185 ff.
Vermischung von Grund- und Aufriß in Zeichnungen (Fig. 198—200) 172—173.
Verschiebung der Asymmetrie 33 ff.
— der Asymmetrie durch natürliches Wachstum 30 ff.
— der Asymmetrie durch pädagogische Beeinflussung 33 ff.
Versuchsmethode 202 ff.
Verteilungskurve, asymmetrische (Fig. 15 bis 17) 21—22; (Fig. 28) 35.
— beim 80 maligen Messen eines Stabes (Fig. 12) 14.
—, zweigipflige (Fig. 23) 29.
Verteilungskurven (Fig. 20—22) 28—29; (Fig. 24—28) 30—35.
— der Einzelbeobachtungen der Größe von Schulkindern (Fig. 14) 20.
Vierordt 50.
Visueller Typus (Fig. 189 u. 190) 169; (Fig. 193) 170.
Visuelles Gedächtnis (Fig. 204) 178.
Völkerpsychologie 5.
Volumpuls 99.
Vorreaktionen 143. 144.
Vorsichtsmaßregeln bei der Untersuchung von Reiz- und Unterschiedsschwellen 51.
Vorsignal 143.
Vorstellungen 66—82.
—, Art ihrer Verknüpfung 200.
Vorstellungsverlauf, anormaler 200.
—, normaler 200.
— ohne apperzeptive Verbindungen 200.
—, Statistik 200—204.

Wahlreaktion 139.
Wahlzeit 139.
Wahrscheinlicher Fehler des arithmetischen Mittels 17 ff.
Wärme 56.
Wärmepunkte (Fig. 41) 56.
Watt, H. 205.
Weber, E. 77.
Webersches Gesetz 60—65.
— Gesetz, Gewichtsheben (Fig. 46) 61.
Weißenborn, Fr. 68. 81. 179.
Wesen der Ausdrucksmethode 86 ff.
Wesen des pädagogischen Experiments 144.
Wetekamp 72.

Widerstand 138.
Wiedererkennungsgefühl 176.
Wiedererkennungsmethoden 176. 185—190.
Willensbildung beim Turnspiel (Fig. 165) 145.
Willensvorgänge 125—146.
—, pädagogische Beeinflussung 141—146.
Wirkliche Übungskurve 254.
Wirth, W. 160. 181 ff. 215. 216. 273.
Wippe, Pohlsche 276.
Wundt, W. IV, 4. 36. 42. 47. 83. 138. 139. 140. 141. 159. 176. 198. 215. 257. 273.

Yerkes 49.

Zahl der Wiederholungen beim Lernen 180.
Zehnfacher Reaktionstaster (Fig. 159) 140.
Zeichnerischer Ausdruck 116.
Zeichnung von Geisteskranken (Fig. 228 bis 230) 201—202.
Zeigen einer Form 179.
Zeitfehler bei astronomischen Beobachtungen 125—133.
Zeitliche Vorstellungen 73—75.
Zeitmessung, astronomische 125.
— bei Reproduktionsversuchen 206—214.
Zeitsinn, Unterschiedsschwelle 73.
Zensurerteilung 36. 266.
Zentralfaktor 259.
Zentralwert 23.
Ziehen, Th. 205.
Zimmermann, E. 280.
Zirkel für Kopfmessungen (Fig. 4) 8.
Zoth, O. 64.
Zunahme der Körpergröße und des Körpergewichts von Berliner Schülern (Fig. 11) 11.
— der Körpergröße von Jenenser Schülern (Fig. 10) 10.
Zuverlässigkeitskoeffizient 266.
Zweidimensionale Bewegungen 154.
Zweiteiliges Gaußsches Gesetz 21 ff.
Zwischenzeit zwischen Lernen und Reproduzieren 180.

QP
357
S3

JAN 30 1974

RAYMOND H. FOGLER LIBRARY
DATE DUE

QP357.S3 ORO
Aus der Werkstatt der experimentellen Ps
3 7550 00012221 9